

LUCÉLIA BEDDIN FRITZEN

**COMPOSIÇÃO, ORIGEM E GRAU DE ENRIQUECIMENTO DO
MATERIAL ORGÂNICO SEDIMENTAR NO SETOR NORTE DO
SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR DO RIO ITAPOCU, SC**

Florianópolis

2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Lucélia Beddin Fritzen

**COMPOSIÇÃO, ORIGEM E GRAU DE ENRIQUECIMENTO DO MATERIAL
ORGÂNICO SEDIMENTAR NO SETOR NORTE DO SISTEMA ESTUARINO-
LAGUNAR DO RIO ITAPOCU, SC**

**Orientadora Prof^a Dr^a Carla Bonetti
Co-Orientador Prof. Dr. Elpídio Beltrame**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Utilização e Conservação dos Recursos Naturais

Florianópolis/SC, 09 de julho de 2007

**Composição, origem e grau de enriquecimento do material orgânico
sedimentar no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, SC**

Lucélia Beddin Fritzen

Coordenador:

Prof. Dr. Carlos José Espíndola (UFSC)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Presidente:

Profa. Dra. Carla Bonetti (UFSC)

Co-Orientador:

Prof. Dr. Elpídio Beltrame (UFSC)

Membro:

Prof. Dr. Maurício Mello Petrucio (UFSC)

Membro:

Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho (UFSC)

À minha amada família,
Meus pais Artêmio e Lourdes,
Minhas irmãs Maurícia e Carlise.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Carla Bonetti e ao Prof. Dr. Elpídio Beltrame pela orientação, amizade e exemplo para o meu crescimento profissional.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelo aprendizado e oportunidade de realizar o mestrado.

Aos Professores Jarbas Bonetti Filho e Walter Quadros Seiffert pelas considerações e sugestões feitas durante a banca de qualificação.

Ao Laboratório de Oceanografia Costeira pela oportunidade de desenvolver meu trabalho, em especial aos Professores Jarbas Bonetti Filho e Carla Bonetti e sua equipe: Bianca, Natália, Cyro, João Marcos, Sereno, Diego, Ângelo.

Ao Laboratório de Camarões Marinhos e à Fazenda Experimental Yakult pelo apoio para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Ecologia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), em especial ao Prof. Dr. Plínio de Barbosa Camargo pelo auxílio na realização das análises geoquímicas.

À minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

À Maurícia e Alexandre, pela força, incentivo e conselhos preciosos para o meu crescimento.

Ao meu querido Fred, pelo amor, compreensão e por estar sempre ao meu lado.

À Natália, pela amizade verdadeira e pelos conselhos nos momentos difíceis.

À minha mãezinha querida, Nossa Senhora, por estar à frente, guiando e iluminando o meu caminho.

Abandono em Deus

Senhor, meu coração não se enche de orgulho,
meu olhar não se levanta arrogante.

Não procuro grandezas, nem coisas superiores a mim.

Ao contrário, mantenho em calma e sossego a minha alma.

Tal como uma criança no seio materno, assim está minha alma em mim mesmo.

Israel, põe tua esperança no Senhor, agora e para sempre.

(Salmo 130)

RESUMO

Os ambientes costeiros, bastante utilizados pelas atividades que visam a exploração econômica, são áreas de deposição de sedimentos, apresentando importante função na regulação dos processos biogeoquímicos. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho foi estudar as variações e interações dos parâmetros sedimentológicos, geoquímicos e biológicos nos sedimentos de superfície no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. Mais especificamente, o presente estudo voltou-se à compreensão da influência dos processos naturais e antrópicos sobre a sedimentologia e biogeoquímica de ambientes lagunares. Para isto, foram analisados os conteúdos de C, N, razão C:N, isótopo do carbono estável (δC^{13}), matéria orgânica total, carbonato total, granulometria e constituintes biológicos nos sedimentos de 50 estações. As amostras foram coletadas na Laguna da Cruz (46 estações) e na Fazenda Experimental Yakult (4 estações), em julho de 2005 e abril de 2006, respectivamente. Os resultados revelam um substrato composto por material siltoso e arenoso, com distribuição diretamente relacionada ao fator hidrodinâmico. Os compostos orgânicos encontram-se preferencialmente distribuídos ao longo do eixo longitudinal do setor estudado, sendo caracterizado pela maior profundidade e presença de sedimentos finos. A partir dos valores da razão C:N e δC^{13} , identificou-se o predomínio de fontes de matéria orgânica de origens continental e mista tendendo a continental, indicando uma tendência de tamponamento do material orgânico de fontes externas. A análise biológica revelou a presença de duas associações faunísticas, a associação *Ammonia* spp., caracterizada pela maior tolerância a condições de pouco oxigênio e substratos ricos em carbono orgânico, e a associação *Ammotium salsum*, com espécies mais tolerantes à diluição das águas marinhas e dominantes nos locais mais rasos. Através de análises de correlação (Correlação de Pearson) e técnicas multivariadas (Multi-Variate Statistical Package) integrou-se as características sedimentológicas e biogeoquímicas das amostras coletadas, distinguindo dois Sub-ambientes na área de estudo. O Canal Lagunar, um importante local de deposição de sedimento finos com elevados teores orgânicos devido a baixa ação hidrodinâmica, e os Bancos Marginais, caracterizados pelo substrato com importante contribuição de sedimentos arenosos e baixos teores orgânicos.

ABSTRACT

The coastal environment has been used a lot by activities that look at the economic exploitation, and are areas of sediment deposition. Such environments can have important function on the regulation of the biogeochemical processes. In this context, the main objective of the present research was the study of variations and interactions of sedimentological, geochemical, and biological parameters on the superficial sediments in the north sector of the estuarial-lagoonal system of the Itapocu River. More specifically, the study was aimed to understand the influence of natural and anthropogenic processes over the sedimentology and biogeochemistry of lagoonal environments. To achieve these goals, the contents of C, N, C:N ratio, stable carbon isotopic (C^{13}), total organic matter, total carbonate, granulation, and biological constituents were analyzed on samples of sediment from 50 stations. The samples were taken from the Da Cruz lagoon (46 stations) and the Yakult Experimental Farm (4 stations) on July of 2005 and April of 2006, respectively. Our results show a substrate composed by sandy-silty material, with distribution directly related to hydrodynamic factors. The organic matter, are preferably distributed along the longitudinal axis of area of study, been characterized by higher depths and the presence of fine sediments. Using the C:N ratio and δC^{13} it was possible to identify the dominance of continental and marine-continental organic matter, indicating a tendency of the lagoonal system to buffer the external organic matter. The biological analysis revealed the presence of two faunistic associations: *Ammonia* spp. and *Ammotium salsum*. The first one is characterized by higher tolerance to anoxic conditions and organic carbon-rich substrates. The second is characterized by higher tolerance to variations of salinity and dominance in shallow waters. Making use of Pearson's correlation and multi-variate analysis, the biogeochemical and sedimentologic characteristics of the samples were integrated, being possible to identify two sub-groups in the study area. The Lagoonal Channel, an important site of deposition of fine sediments with high levels of organic matter due to the low hydrodynamic action; and the Marginal Portion, characterized by a substrate composed mainly by sandy-sediment and low organic matter.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-Localização do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. ...	18
FIGURA 2-Sistema Estuarino Lagunar do Rio Itapocu e o setor norte.....	19
FIGURA 3-Vista aérea do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e seu entorno.....	20
FIGURA 4-Fotografia aérea da Fazenda Experimental Yakult/UFSC.	23
FIGURA 5-Mapa de localização das estações amostrais no setor norte do Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu e na Fazenda Experimental Yakult.	26
FIGURA 6-Mapa batimétrico do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	33
FIGURA 7 - Mapas de distribuição espacial da salinidade de superfície (a) e fundo (b) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. .	35
FIGURA 8 - Mapas de distribuição espacial da temperatura de superfície (a) e fundo (b) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. .	36
FIGURA 9 – Diagrama de Shepard.....	37
FIGURA 10 – Mapa de distribuição espacial da classificação granulométrica no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	38
FIGURA 11 – Histogramas com a distribuição granulométrica identificada nos sedimentos do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e das estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult.	41
FIGURA 12 – Distribuição espacial dos Teores de Carbonato Total no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.	44
FIGURA 13 – Distribuição espacial dos Teores de Matéria Orgânica Total (%MO) ao longo do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.....	46
FIGURA 14 – Distribuição espacial dos Teores de Carbono Orgânico (%C) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.....	48
FIGURA 15 – Distribuição espacial dos teores de Nitrogênio Total (%N) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.....	49

FIGURA 16 – Gráfico representativo da correlação entre os parâmetros de nitrogênio (%N) e carbono (%C) no sedimento do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	50
FIGURA 17 – Distribuição espacial dos valores da razão C:N no sedimento do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	52
FIGURA 18 – Distribuição espacial da origem da matéria orgânica do sedimento com base nos valores da razão C:N no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	54
FIGURA 19 – Distribuição espacial dos teores do isótopo de carbono estável (δC^{13} em ‰PDB) no sedimento do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.	55
FIGURA 20 - Distribuição espacial da origem da matéria orgânica do sedimento com base nos valores da razão isotópica do carbono estável (δC^{13}) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	56
FIGURA 21 - Distribuição da dominância de testas (testas calcárias e testas aglutinantes) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.	59
FIGURA 22 – Gráfico demonstrativo dos gêneros de foraminíferos mais abundantes no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar Itapocu.....	61
FIGURA 24-Distribuição espacial da abundância do gênero <i>Ammonia</i> no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	62
FIGURA 23-Distribuição espacial da abundância relativa da espécie <i>Ammotium salsum</i> no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.	63
FIGURA 24–Distribuição dos valores de riqueza no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	66
FIGURA 25–Distribuição dos valores de densidade total estimada (testas/50cc de sedimento) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.	67
FIGURA 26–Distribuição da razão vivos:total encontrada no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.	68
FIGURA 27–Distribuição dos índices ecológicos (diversidade de Shannon, dominância de Simpson e equitabilidade de Pielou) encontrados no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	69
FIGURA 28–Dendrograma (Modo R) mostrando o agrupamento das espécies ocorrentes no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu em 2 associações biológicas.	70
FIGURA 29–Dendrograma (Modo Q) mostrando o agrupamento das estações amostradas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.	72

FIGURA 30–Distribuição espacial dos quatro Sub-ambientes encontrados no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu..... 73

FIGURA 31 – Dendrograma gerado pela análise de Cluster (Modo Q) mostrando a compartimentação ecológica em 2 grupos..... 80

FIGURA 32–Gráfico de Vetores referentes à Análise das Componentes Principais. 81

FIGURA 33 – Proposta de setorização em dois Sub-ambientes baseada em aspectos biosedimentológicos e geoquímicos do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu..... 83

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –Coordenadas geográfica (UTM), Profundidade (metros), Salinidade (PSU) e Temperatura (°C) de superfície e fundo das estações amostradas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	34
TABELA 2 –Síntese das características sedimentológicas do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, conforme parâmetros granulométricos de Folk & Ward (mz = diâmetro médio; md = mediana; dp = grau de seleção; ski = assimetria; Kg = curtose).	39
TABELA 3 – Teores de Matéria Orgânica Total (%MO), Carbono (%C), Nitrogênio (%N), Razão C/N e Razão Isotópica do Carbono Estável $\delta C^{13}(C^{13})$ do sedimento lagunar e Fazenda Experimental Yakult.	51
TABELA 4 – Teores de Carbono Orgânico (%C), Nitrogênio Total (%N), Razão C:N e Razão Isotópica do Carbono Estável $\delta C^{13}(^{13}C)$ nas amostras de ração, excrementos e sedimentos das estações na Fazenda Experimental Yakult.....	57
TABELA 5 -Composição faunística e abundância relativa das populações de foraminíferos no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.	60
TABELA 6 -Descritores biológicos das espécies de foraminíferos nas estações amostradas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.....	65
TABELA 7 – Valores dos índices ecológicos no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu (H' = Diversidade de Shannon; D' = Dominância de Simpson; J' = Equitabilidade de Pielou).	68
TABELA 8 – Coeficiente de correlação (r) entre as variáveis biológicas e os fatores abióticos no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. (Destacando em azul, vermelho e laranja os valores estatisticamente significativos ($\alpha \leq 0,05$) para as espécies calcárias, aglutinantes e índices ecológicos, respectivamente).	74
TABELA 9 – Coeficiente de correlação (r) entre as variáveis biológicas (espécies mais abundantes identificadas) e características granulométricas e geoquímicas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. (Os valores estatisticamente significativos ($\alpha \leq 0,05$) encontram-se assinalados em azul).	77

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1–Descrição das características físico-químicas da água dos viveiros e canal de drenagem sul da Fazenda Experimental Yakult.	22
QUADRO 2–Caracterização do manejo adotado nos viveiros amostrados da Fazenda Experimental Yakult.	23
QUADRO 3–Quadro comparativo entre o setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e outros ambientes costeiros transicionais citados na literatura, considerando a composição faunística e as características ambientais.	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1 CARCINICULTURA E MEIO AMBIENTE	4
2.2 SEDIMENTOLOGIA DE CORPOS LAGUNARES.....	6
2.3 GEOQUÍMICA SEDIMENTAR.....	8
2.3.1 <i>Matéria orgânica</i>	8
2.3.2 <i>Identificação de fontes de matéria orgânica pela razão C:N</i>	9
2.3.3 <i>Composição isotópica do carbono estável C¹³</i>	11
2.4. FORAMINÍFEROS EM SISTEMAS LAGUNARES	12
2.4.1. <i>Descritores e índices biológicos</i>	14
2.4.2 <i>Espécies de foraminíferos indicadores de enriquecimento orgânico</i>	16
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1 SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR DO RIO ITAPOCU	18
3.1.1 <i>Características morfológicas</i>	18
3.1.2 <i>Características hidrodinâmicas</i>	19
3.1.3 <i>Características sedimentológicas</i>	21
3.2 FAZENDA EXPERIMENTAL YAKULT	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 ORGANOGrama DA PESQUISA	24
4.2 LEVANTAMENTO DA DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA	25
4.3 ESTRATÉGIA AMOSTRAL	25
4.4 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS DO SEDIMENTO SUPERFICIAL	27
4.4.1 <i>Granulometria</i>	28
4.4.2 <i>Parâmetros geoquímicos</i>	28
4.4.2.1 Teor de carbonato total	28
4.4.2.2 Teor de matéria orgânica total.....	28
4.4.2.3 <i>Constituintes elementares, razão C:N e composição isotópica do carbono estável (δC¹³)</i>	29
4.5 PROCESSAMENTO DOS CONSTITUÍNTES BIOLÓGICOS.....	29
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA E ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA.....	33
5.2 CARACATERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS E GEOQUÍMICAS	37
5.2.1 <i>Granulometria</i>	37
5.2.2 <i>Teor de carbonato total</i>	43
5.2.3 <i>Teor de matéria orgânica total</i>	45
5.2.4 <i>Constituintes orgânicos (C,N) e razão C:N</i>	47
5.2.5 <i>Composição isotópica do carbono estável (δC¹³)</i>	54
5.3. CONSTITUINTES BIOLÓGICOS	58
6. INTEGRAÇÃO DOS DADOS.....	74

6.1 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON (R).....	74
6.2 SETORIZAÇÃO DO CORPO LAGUNAR.....	79
6.3 SÍNTESE AMBIENTAL DOS SUB-AMBIENTES.....	82
7. CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXO TAXONÔMICO	96
PRANCHAS	98

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A zona costeira é uma ampla região que abrange áreas continentais sob influência dos processos marinhos e áreas oceânicas que sofrem com os processos aluviais, relacionados à linha de costa. Esta área de transição inclui não somente deltas, praias, ilhas barreiras, planícies de maré, estuários e cordões litorâneos, mas todos os ambientes deposicionais sob influência da proximidade da linha de costa (READING & COLLINSON, 1996). Os sistemas estuarinos são importantes ambientes de deposição, e que em função da sua hidrodinâmica, apresentam águas significativamente diluídas. O mesmo acontece com os ambientes lagunares, que são corpos de água rasos, separados do oceano por uma barreira, sofrendo influência de águas de drenagem continental que interagem com águas oceânicas provenientes de um ou mais canais de ligação com o mar (PHLEGER, 1969; KJERFVE, 1994 e BIRD, 2000).

Vários autores têm discutido a estreita semelhança entre as definições e descrições de estuários e lagunas costeiras, podendo ocorrer transições de um sistema para outro. Uma revisão mais detalhada desta questão pode ser encontrada em Bonetti Filho (1995), que assim como Barcellos (2005), adotou o termo “sistema estuarino-lagunar” para descrever o conjunto de estuários e lagunas que ocorrem na região de Cananéia-Iguape (SP), uma vez que as características hidrodinâmicas e geomorfológicas estão simultaneamente presentes nestes ambientes.

Muitas lagunas estão dentro de categorias de sistemas costeiros eutróficos e com produtividade biológica elevada, o que naturalmente atende ao desenvolvimento da aquicultura como forma de exploração destes ambientes. No entanto, a renovação das águas de uma laguna e sua capacidade de assimilar substâncias introduzidas, entre elas efluentes, depende de uma série de processos de natureza física, química, biológica e geológica que interagem entre si de forma extremamente complexa e tornam estes ecossistemas sensíveis. Desta forma, conflitos entre aquicultura e outras formas de utilização das lagunas costeiras são comuns, onde a prática da aquicultura é considerada em muitos países fonte de degradação ambiental e poluição do sistema lagunar, resultante da interferência

humana em nome do desenvolvimento costeiro (KJERFVE, 1994). Neste sentido, é de fundamental importância o estudo destes ambientes, visando à compreensão dos processos hidrodinâmicos atuantes no sistema, bem como a escala temporal e espacial dos diferentes fenômenos.

Bonetti (2000) afirma que a avaliação da qualidade ambiental é a primeira etapa das pesquisas relacionadas ao estudo de poluição marinha e suas conseqüências, que consiste no levantamento do maior número possível de informações sobre o meio, gerando subsídios à seleção das variáveis ou descritores que melhor reflitam a funcionalidade do sistema. Desta forma, nesta pesquisa serão utilizados descritores como granulometria, composição elementar da matéria orgânica, razão C:N, razão isotópica do C¹³, associados aos descritores biológicos, no estudo da resposta do ambiente ao aporte de material orgânico, na identificação de sua origem, assim como do seu grau de enriquecimento orgânico.

O presente estudo foi realizado no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, Santa Catarina, Brasil. Este setor é caracterizado por uma pequena influência oceânica, sendo classificado, segundo Bonetti *et al.* (2004) como um sistema tipicamente lagunar. Além das variações naturais em suas propriedades físico-químicas, este setor está sujeito também à influência de fontes externas, como por exemplo, a descarga de efluentes da fazenda de cultivo de camarões marinhos Fazenda Experimental Yakult, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Neste contexto, tem-se como objetivo principal adquirir um maior conhecimento das variações e relações entre parâmetros granulométricos, geoquímicos e biológicos nos sedimentos de superfície de um corpo lagunar, com estudos voltados à compreensão da influência dos processos naturais e da atividade aquícola sobre a sedimentologia e biogeoquímica deste ambiente. Pretende-se estudar, mais especificamente, o setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, buscando-se avaliar e mapear a influência da descarga de efluentes orgânicos da Fazenda Experimental Yakult - UFSC sobre a composição e distribuição dos sedimentos presentes na laguna.

Como objetivos específicos, buscar-se-á avaliar os seguintes aspectos da área de estudo:

- Determinar as características granulométricas mais importantes e relacionar seu padrão de distribuição espacial aos processos hidrodinâmicos, inferidos mediante identificação de feições batimétricas e proximidades de fontes terrígenas;
- Avaliar o grau de enriquecimento orgânico do material sedimentar, buscando identificar padrões espaciais de deposição e relações com processos naturais e antrópicos causadores do enriquecimento;
- Estudar a distribuição espacial de associações de foraminíferos bentônicos como indicadores de enriquecimento orgânico ou estresse ambiental;
- Avaliar a composição elementar da matéria orgânica total das áreas enriquecidas, quantificando os teores de carbono orgânico, nitrogênio total e a razão (C:N);
- Buscar estabelecer a origem predominante do material orgânico (marinho ou continental) através do estudo da razão isotópica do carbono estável C^{13} (δC^{13});
- Integrar os descritores abióticos do sedimento e a composição faunística estudada, a fim de determinar sub-ambientes com características biosedimentológicas e geoquímicas distintas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CARCINICULTURA E MEIO AMBIENTE

Como na classificação geral dos ecossistemas aquáticos, as lagunas são conhecidas por sua elevada produtividade primária e secundária, em parte, devido aos níveis elevados de nutrientes (BARNES, 1980). Assim, é evidente que o potencial produtivo para a aquicultura nestes sistemas também se torna excelente. Porém, outras variáveis ambientais são consideradas fatores críticos na determinação da sustentabilidade de alguns métodos de cultivo ou na utilização de determinadas espécies.

De acordo com Phleger (1981 *apud* KJERFVE, 1994), aspectos físicos como tamanho da laguna, profundidade, amplitude de maré, aporte de tributários, clima, qualidade e quantidade da água e dos sedimentos são fatores importantes para o desenvolvimento da aquicultura. No entanto, é importante considerar os efeitos dos cultivos sobre o ambiente, uma vez que o direcionamento ou re-direcionamento do uso dos recursos naturais disponíveis pode afetar diretamente as necessidades e aspirações das comunidades envolvidas (BELTRAME, 2003).

Entre a gama de atividades da aquicultura, a carcinicultura tem chamado atenção dos diversos segmentos da sociedade, em parte por apresentar um crescimento e resultado econômico superiores a outras áreas de produção de alimentos, mas também por demandar captação e lançamento de elevados volumes de água no meio ambiente. De acordo com dados da FAO (1999), a Ásia e a América Latina são regiões do mundo onde a produção de camarões cresceu rapidamente, melhorando a situação sócio-econômica das populações litorâneas, mas também causando conflitos entre populações locais e a destruição de áreas costeiras como os manguezais, consideradas estratégicas para o equilíbrio ambiental.

Segundo McIntosh & Fitzsimmons (2002), países que apresentam um acelerado desenvolvimento da atividade aquícola, geralmente não possuem

regulamentações específicas, aumentando os impactos causados por estes empreendimentos. Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias e inovações para o manejo e monitoramento destas atividades, com o objetivo de minimizar os impactos causados ao ambiente e torná-las economicamente viáveis.

No Brasil, a legislação ambiental vigente, através de Leis e Decretos Federais, Resoluções e Instruções Normativas, visa estabelecer regras para assegurar a proteção do meio ambiente em detrimento ao desenvolvimento de atividades que utilizam os Recursos Naturais Renováveis. Para os empreendimentos da carcinicultura, considerada importante atividade econômica e social em vários estados brasileiros, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), definiu a Resolução Nº 312, de 10 de outubro de 2002, que dispõe sobre o licenciamento ambiental para a criação de camarão na zona costeira, com o objetivo de estabelecer regras básicas de disciplina ambiental para a carcinicultura.

Muitos autores (MACINTOSH, 1994; BEVERIDGE *et al.*, 1997; BRUNE & TOMASSO, 1991; BOYD & TUCKER, 1998; BARDACH, 1997) têm questionado a sustentabilidade do cultivo de camarões devido às conseqüências da poluição associadas à baixa qualidade da água, ao enriquecimento orgânico do sedimento, e conseqüente surgimento de enfermidades. Porém trabalhos já realizados mostram que é possível minimizar os impactos através de um manejo adequado, utilizando baixas taxas de estocagem, fornecendo alimento controlado e realizando um plano de tratamento do efluente por tanques de sedimentação (TORIGOI, 2001 e CAVALCANTI, 2003).

Segundo Beltrame (2003), se a carcinicultura precisa de água de boa qualidade para a obtenção de eficientes índices na produção, então a própria atividade precisará ter o máximo empenho para a redução do volume de efluentes e para a conservação das áreas de lançamento, habitualmente sistemas abrigados como baías, lagunas e estuários onde a água pode ser reciclada. As descargas de efluentes podem ser efetivamente manejadas através da combinação e aplicação de técnicas adequadas, como por exemplo, a inclusão de sistemas de recirculação e tratamento de água nos projetos de produção.

2.2 SEDIMENTOLOGIA DE CORPOS LAGUNARES

As lagunas costeiras são consideradas efêmeras na escala de tempo geológica e sua forma evoluiu em um breve período de tempo através de flutuações no nível relativo do mar durante o Quaternário (COOPER, 1994). A classificação sedimentológica em um sistema estuarino-lagunar deve ser concordante com a fonte e níveis de energia que atuam sobre o sistema, apresentando um gradiente de tamanho de partículas maiores em setores de elevada energia e partículas de sedimento menores em áreas de baixa energia.

Kjerfve (1994) afirma que as fontes de sedimentos lagunares têm origem na descarga fluvial, correntes de maré, deriva litorânea, ação eólica, e sua distribuição no interior da laguna depende das características da bacia hidrográfica, das barreiras arenosas, do número e distribuição dos canais de ligação com o mar, entre outros. A incorporação do sedimento nestes ambientes é determinada pelos efeitos combinados do tamanho de partícula do sedimento, variações da maré e a relação de mistura de água doce-salgada no interior do sistema (HASLETT, 2000). De acordo com Barcellos (2005), regiões estuarinas possuem papel fundamental no ciclo sedimentar e, embora sejam áreas preferenciais de deposição, atuam como uma área de transição, promovendo trocas entre os oceanos e os continentes. Segundo o autor, é notável a ação do homem como agente transformador da quantidade e qualidade do material lançado nestas regiões.

Pettijohn (1975) ressalta os parâmetros granulométricos como bons instrumentos na interpretação da hidrodinâmica marinha. Considerando esta afirmação, os sedimentos que penetram em um estuário podem ser transportados pelas correntes de maré estuário acima ou abaixo, ou ainda sofrer um transporte preferencialmente para jusante pela ação fluvial. Tais processos dependem diretamente das características de circulação e das propriedades das partículas (forma, tamanho, densidade e composição), conforme constatado por Bonetti Filho (1995).

O transporte em suspensão é também o principal responsável pela introdução de componentes secundários nos sedimentos. Um destes componentes é a matéria

orgânica sedimentar. A quantidade de deposição de argila é um parâmetro que indica o grau de acumulação da matéria orgânica, devido ao processo de adsorção. Assim, o conteúdo orgânico está diretamente correlacionado com a mediana, diâmetro médio e principalmente com a porcentagem de argila do sedimento, uma vez que a concentração de orgânicos é diretamente proporcional à presença de sedimentos constituídos por grãos finos (lamas). Neste sentido, Meyers (1997) afirma que os diferentes tamanhos da fração sedimentar possuem diferentes razões C:N. Segundo o autor, geralmente a razão C:N nos sedimentos finos é menor do que em sedimentos grossos, esta condição pode ser influenciada por fatores como o tipo de detrito orgânico e a composição mineral, variando de acordo com o tamanho da partícula.

Em ambientes aquáticos, os sedimentos possuem importante função no equilíbrio e eficiência natural de diversas substâncias presentes no meio, contribuindo para a regulação dos processos biogeoquímicos, como a ciclagem dos nutrientes. Eles podem armazenar grande quantidade de matéria orgânica e influenciar as taxas de oxigênio dissolvido nas águas de fundo, além de representarem uma fonte de nutrientes para a coluna d'água, influenciando também a produtividade primária. Para Barcellos (2005), distribuição sedimentar, juntamente com a origem do material orgânico e condições de oxi-redução, possibilita a compreensão do processo de sedimentação atual e dos diferentes fatores que interferem no processo, tanto no tempo quanto no espaço.

Considerando os efluentes gerados pela atividade de aquicultura, é importante ressaltar o papel fundamental que o compartimento bentônico tem para a manutenção da qualidade do sistema de cultivo como um todo, influenciando no metabolismo do meio através dos processos biológicos, químicos e físicos (FRAGA, 2002). Sua importância também é reconhecida na avaliação da intensidade e formas de impactos que este compartimento é submetido, podendo apresentar elevadas concentrações de matéria orgânica e nutriente.

2.3 GEOQUÍMICA SEDIMENTAR

2.3.1 Matéria orgânica

O corpo sedimentar formado a partir da deposição do material em suspensão pode guardar registros históricos da evolução do ambiente como também explicar o comportamento dinâmico atual, fornecendo informações sobre a origem do material, os meios de transportes e as características do ambiente deposicional. Vários processos condicionam a deposição da matéria orgânica, como os fatores hidrológicos, químicos e biológicos da coluna d'água, aportes de material marinho e continental e características sedimentológicas do ambiente (BARCELLOS, 2005).

A matéria orgânica sedimentar é uma forma reduzida dos elementos que a compõe, e fornece uma variedade de indicadores que podem ser usados para reconstruir registros de paleoclimas e paleoambientes continentais e marinhos. Segundo Meyers (1997), a matéria orgânica encontra-se instável em ambientes oxidantes, apresentando uma decomposição contínua de suas partículas orgânicas ao longo da coluna d'água até ser depositada no sedimento, sendo observada uma decomposição mais intensa na superfície bioturbadora deste compartimento.

Para Mahiques *et al.* (1999), as características da matéria orgânica depositada no sedimento superficial em áreas marinhas são amplamente usadas na correlação de vários processos oceanográficos, como produtividade da coluna d'água, aporte de material de origem terrestre para o oceano, dinâmica de massas de água, potencial oxi-redução e taxas de sedimentação. É importante também monitorar os ambientes costeiros que sofrem com o aporte de matéria orgânica rica em nutrientes a fim de evitar uma produção primária intensa na coluna d'água (blooms algais), que leva eventualmente a um consumo excessivo de oxigênio durante a respiração microbiana, acarretando uma possível eutrofização do ambiente (ANDREWS *et al.*, 1998).

Vários estudos têm demonstrado que ambientes costeiros abrigados são particularmente vulneráveis à poluição por efluentes orgânicos (DULEBA *et al.*, 1998 *apud* GESLIN, 1999; BONETTI, 2000; EICHLER, 2001; BARCELLOS, 2005), sendo a

quantificação de elementos como carbono e nitrogênio (principais componentes da matéria orgânica) uma ferramenta frequentemente utilizada para a avaliação de ambientes impactados.

Com relação à influência da carcinicultura marinha nas concentrações de matéria orgânica para o ambiente, Fraga (2002) constatou que os teores orgânicos estão diretamente relacionados ao manejo do sedimento e às características da bacia sedimentar ou do solo. A mesma autora relata que o acúmulo da matéria orgânica no sedimento dos viveiros de cultivo pode ser influenciado pelo fornecimento de alimento artificial, excremento, material orgânico particulado depositado (morte do plâncton) e lixiviação. Associado a isto os baixos índices de oxigenação e, em alguns casos, o manejo inadequado do solo (a não realização da queima da matéria orgânica pela secagem do viveiro entre os ciclos de produção).

2.3.2 Identificação de fontes de matéria orgânica pela razão C:N

O conteúdo do carbono orgânico nos sedimentos superficiais depende de fatores como

características granulométricas, produtividade da coluna d'água, taxa de degradação microbiana e condições oceanográficas locais (BARCELLOS, 2005). A maioria das bacias oceânicas, principalmente as de mares abertos, é caracterizada pela baixa concentração de carbono orgânico, enquanto os sedimentos próximos à costa são, geralmente, enriquecidos deste constituinte. O ciclo biogeoquímico do nitrogênio tem sua importância voltada para a reciclagem de compostos nitrogenados. Nos oceanos, as concentrações de nitrogênio aumentam em direção às áreas costeiras, principalmente em regiões de ressurgência de águas profundas.

Razões elementares entre o carbono e nitrogênio podem ser indicadoras da fonte preferencial de orgânicos em sedimentos marinhos que contêm matéria orgânica proveniente de diferentes origens. Neste sentido, a razão C:N tem sido usada para distinguir entre matéria orgânica sedimentar cuja origem está associada a plantas terrestres ou a algas marinhas. Algas geralmente têm razão C:N entre 4 e 10, enquanto que plantas vasculares terrestres têm razão C:N maiores ou igual a 20 (MEYERS, 1997). Para o autor, tal distinção surge a partir da abundância de

celulose nas plantas vasculares e ausência nas algas e pelo fato da matéria orgânica algal ser rica em proteínas.

Assim, quando o sedimento apresenta elevada razão C:N (altas concentrações de carbono e baixas concentrações de nitrogênio), evidencia-se uma maior participação da matéria orgânica de origem continental no sistema, ao passo que baixas razões C:N significam uma dominância de matéria orgânica de origem marinha (BURONE *et al.* 2003). Bonetti (2000) ao estudar o Sistema Estuarino de Santos-São Vicente, encontrou razões C:N variando entre 4 e 20, com os maiores valores nas regiões mais interiores do sistema estuarino. Barcellos (2005), estudando o Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP) observou valores entre 12 e 18, identificando uma contribuição mista da matéria orgânica. Eichler (2001) encontrou razão C:N superior a 20 no Canal de Bertiooga (SP), indicando uma forte influência terrígena no local.

Carpenter & Capone (1983) ressaltam, no entanto, a importância de cuidados na interpretação dos valores da razão C:N, uma vez que a degradação seletiva da matéria orgânica durante a diagênese é um importante agente modificador do comportamento elementar destes compostos. Segundo os autores, a remoção preferencial do nitrogênio, em relação ao carbono, durante os estágios iniciais da decomposição da matéria orgânica não adsorvida em argilo-minerais pode ter uma relação direta com altos valores de razão C:N, principalmente em sedimentos arenosos com baixos conteúdos orgânicos. As frações de sedimento grosso podem também conter uma maior proporção de detritos de plantas terrestres intactas do que frações finas, elevando a razão C:N. Já as frações de sedimento fino, como contêm uma grande proporção de argilo-minerais, possuem elevada área superficial com carga negativa, facilitando a adsorção de amônia e reduzindo a razão C:N.

Além da dependência desta razão em relação aos demais constituintes sedimentológicos e aos processos diagenéticos, ela também pode ser alterada durante o transporte e deposição dos compostos orgânicos. Em virtude destas restrições, Ruttenberg & Goñi (1997) propõem o uso de múltiplos traçadores, como as razões elementares em conjunto com as assinaturas de isótopos estáveis, de

modo a melhorar a exatidão com que as fontes de matéria orgânica possam ser identificadas.

2.3.3 Composição isotópica do carbono estável C^{13}

Thornton & MacManus (1994) relatam que tanto o comportamento como a relação entre a distribuição temporal e espacial do material orgânico em sistemas estuarinos, influenciados pelo aporte fluvial e oceânico, fica pouco definido. Neste sentido, uma considerável atenção tem sido feita para a utilização de razão isotópica estável de nitrogênio e carbono orgânico (δN^{15} e δC^{13} , respectivamente) como traçadores naturais, identificando a origem da matéria orgânica, tempo de residência, fluxo sazonal nos estuários e ambientes marinhos próximos à costa.

A razão isotópica do carbono pode ser usada para distinguir entre fontes de matéria orgânica sedimentar de plantas terrestres ou marinhas, refletindo principalmente a dinâmica de assimilação durante a fotossíntese e a composição isotópica da fonte de carbono (MEYERS, 1997). Segundo Mahiques *et al.* (1999), a utilização dos valores do δC^{13} , baseada nas diferentes assinaturas destes isótopos em plantas C_3 (plantas terrestres superiores) e C_4 (gramíneas), em organismos bênticos, zooplâncton e fitoplâncton levaram a um aumento do número de estudos e melhor compreensão da dinâmica sedimentar de áreas costeiras e continentais.

Existem muitas fontes possíveis de matéria orgânica com diferentes assinaturas de δC^{13} . Muitas plantas fotossintéticas incorporam o carbono da matéria orgânica usando metabolismo C_3 (adsorção do carbono via Ciclo de Calvin), que biogeoquimicamente distingue C^{13} para produzir δC^{13} , alterando para aproximadamente -20‰ a razão isotópica das fontes de carbono inorgânico. Algumas plantas utilizam o metabolismo C_4 (adsorção do carbono via ciclo de Hatch-Slack), o qual cria uma razão isotópica alterada para aproximadamente -7‰. Outras plantas utilizam o CAM (Metabolismo Ácido Crassuláceo), que distingue C^{13} , dependendo do seu crescimento.

Segundo Meyers (*op cit.*), a matéria orgânica produzida a partir do CO_2 atmosférico (δC^{13} aproximadamente -7‰) pelas plantas terrestres que utilizam C_3 ,

apresenta um valor médio de δC^{13} -27‰. As plantas terrestres que utilizam C_4 possuem um valor δC^{13} aproximado de -14‰. O mesmo autor relata que as algas de água doce utilizam o CO_2 dissolvido, que geralmente apresenta um equilíbrio isotópico com o CO_2 atmosférico, e, conseqüentemente, a composição isotópica de lagos e rios é indistinguível da matéria orgânica de águas costeiras.

A fonte de carbono inorgânico pelas algas marinhas é o bicarbonato dissolvido, que possui um valor aproximado de δC^{13} igual a 0‰, assim, os valores de matéria orgânica marinha apresentam δC^{13} entre -20‰ e -22‰. A diferença de aproximadamente -7‰ entre a matéria orgânica produzida pelas plantas terrestres (C_3) e aquela proveniente das algas marinhas tem sido utilizada para traçar as fontes e distribuição da matéria orgânica em sedimentos marinhos costeiros (RUTTENBERG & GOÑI, 1997).

Estudos realizados por Thornton & McManus (1994), Andrews *et al.* (1998) e Buillon *et al.* (2002) revelam que os menores valores de δC^{13} (aproximadamente -27‰) em ambientes transicionais costeiros estão presentes nas porções próximas à costa ou em áreas adjacentes à desembocadura de rios com elevada vazão, enquanto os maiores valores de δC^{13} (aproximadamente -20‰) estariam associados a depósitos de carbono orgânico de ambientes marinhos.

2.4. FORAMINÍFEROS EM SISTEMAS LAGUNARES

Como os ecossistemas marinhos possuem características dinâmicas que podem ser modificadas através de influência antrópica, algumas mudanças nas propriedades químicas do sedimento podem afetar comunidades bênticas bioindicadoras de qualidade ambiental. Os organismos bentônicos têm sido tradicionalmente citados como importantes indicadores de impactos negativos no ambiente marinho provocados pelas atividades humanas (ANGEL *et al.*, 2000; CEARRETA *et al.*, 2000; BARBOSA & SEOANE, 2004). Dentro deste grande grupo, os foraminíferos bentônicos têm demonstrado ser uma ferramenta muito importante para a compreensão das condições ambientais dos ecossistemas, podendo-se avaliar a relação das associações de foraminíferos com parâmetros geológicos, físico-químicos e ecológicos.

Os foraminíferos são organismos unicelulares, de tamanho centimétrico a micrométrico, dotados de uma testa (carapaça) de constituição calcária hialina, calcária porcelanácea ou aglutinante, o que favorece sua ampla ocorrência em diferentes ambientes marinhos (NICHOLS, 1974). Possuem hábito bentônico em ambientes costeiros e hábitos planctônico ou bentônico em áreas oceânicas. Como são integrantes da microfauna e meiofauna, representam uma fonte de alimento para predadores detritívoros da macrofauna bentônica e nectônica. Em vida os foraminíferos participam ativamente da ciclagem do material orgânico. Após a morte, desde que não sofram a dissolução de suas carapaças, passam a formar parte constituinte dos sedimentos marinhos.

Estes organismos freqüentemente se agrupam em função da composição e características da carapaça. As espécies com testas aglutinantes, compostas por grãos de areia, mica e outras partículas aglutinadas à secreção de quitina ou carbonato, ocorrem normalmente em águas salobras e próximas à desembocadura de rios ou estuários parcialmente confinados. As testas de espécies calcárias são constituídas de carbonato de cálcio secretado pelo animal ou precipitado da água do mar e podem ser porcelanáceas (sem poros) ou hialinas (com poros). Estas espécies geralmente habitam áreas marinhas e possuem diferentes níveis de tolerância ao enriquecimento orgânico e grau de oxigenação do ambiente.

Fatores como a ampla distribuição nos sedimentos marinhos, grande diversidade taxonômica e testa resistente que se mantém preservada após a morte do organismo, tornam os foraminíferos bons indicadores biológicos. São amplamente utilizados por serem abundantes e facilmente coletados, além de responderem às alterações naturais e/ou induzidas pelo homem em diferentes escalas temporais. Para Eichler (2001), a reconhecida sensibilidade dos foraminíferos às condições ambientais sugere que estes organismos forneçam subsídios para examinar alterações ambientais recentes em áreas costeiras. Conforme abordado por Disaró (1995), algumas espécies de foraminíferos são típicas de ambientes marinhos marginais e possuem ampla tolerância às variações ambientais e hidrológicas comuns a estes ecossistemas.

Jaworski (2001), ao estudar o Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, observou que as espécies de foraminíferos podem ocupar diferentes áreas dentro de um estuário e formar associações características destes locais, sendo utilizados para detectar e mapear diferentes características da circulação estuarina, distribuição da salinidade e também na classificação de estuários. Esses ambientes são controlados pelas variações das influências de origem marinha e fluvial, gerando diferentes gradientes de salinidade, temperatura, natureza do substrato, teor de carbono orgânico, pH e amplitude de maré. Oliveira (2004), estudando os ambientes lagunares, utilizou a associação entre foraminíferos e tecamebas para a avaliação do gradiente flúvio-marinho estabelecido no interior do sistema, uma vez que os foraminíferos apresentam distribuição restrita em águas marinhas diluídas (oligohalinas), enquanto as tecamebas são espécies tipicamente de água doce. Além da ocorrência de determinadas espécies ou associações, as variações morfométricas e/ou estruturais das carapaças também podem ser usadas como indicadores de alterações nos parâmetros ambientais (BONETTI, 2000).

Mudanças no padrão sedimentar local, ocorrência de sedimentos anóxicos e a produção e liberação de gases tóxicos (H_2S) do sedimento para a coluna d'água são exemplos de impactos negativos do aporte excessivo de efluentes orgânicos e, segundo Schafer *et al.* (1995), muitas destas condições exercem influência na abundância e composição da comunidade bêntica. De acordo com Bonetti (2000), a introdução de poluentes no ambiente marinho acarreta respostas diferenciadas nos foraminíferos, variando de acordo com a natureza e a concentração dos poluentes e também considerando a composição faunística do local afetado. Segundo a autora, algumas variações biológicas comumente relacionadas à ação dos poluentes são mudanças na estrutura das associações das espécies originais, variações na densidade, na riqueza e nos índices de diversidade, redução do tamanho das testas e presença de anomalias morfológicas, aumento da porcentagem de testas piritizadas e alteração da composição química das testas.

2.4.1. Descritores e índices biológicos

Pelas inúmeras vantagens da utilização de foraminíferos como indicadores ambientais, citadas anteriormente, podemos considerar que características tais

como o número total de espécimes, a diversidade das associações, as características e composição da carapaça e a composição específica das associações de foraminíferos são úteis para o reconhecimento de diferentes tipos de ambientes. Barbosa (1991) relata que o número de espécimes ou abundância pode fornecer informações quanto ao grau de enriquecimento orgânico local. Regiões contaminadas organicamente podem apresentar um aumento exagerado de determinadas espécies e a ausência de outras que não toleram esta situação.

Segundo Nichols (1974), a densidade total (número de foraminíferos vivos e mortos) é uma característica utilizada para indicar o nível geral de produção orgânica em um ambiente estuarino. Segundo o autor, quando a ocorrência destes organismos é inferior a 10 espécimes por 10 ml de sedimento, o ambiente é caracterizado pela pouca produção orgânica e baixa fertilidade; quando a ocorrência ultrapassa 1000 espécimes por 10 ml, o ambiente é considerado de elevada produção orgânica, favorecendo a dominância de 1 a 4 espécies, esta condição sugere que a abundância de foraminíferos geralmente encontra-se associada aos aportes orgânicos.

A riqueza de espécies ou número relativo de espécies é um descritor associado à variabilidade de habitat e estabilidade ambiental em um ecossistema, enquanto que a dominância (relacionada à porcentagem de ocorrência das espécies mais comuns), outro descritor importante, é diretamente proporcional à instabilidade ambiental e inversamente proporcional à riqueza. Bonetti (2000) afirma que altos valores de dominância refletem a maior capacidade de uma ou poucas espécies em suportar condições ambientais desfavoráveis para a maioria das demais.

As populações de foraminíferos são morfologicamente variáveis no meio natural e a biometria das testas tem demonstrado estreita relação com as condições ecológicas a que estes organismos foram submetidos ao longo do seu desenvolvimento. Além disso, quando os foraminíferos crescem em um ambiente com elevado nível de estresse, que pode ser de origem natural (alterações nos valores de salinidade, temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes) ou de origem antropogênica (poluição por despejos químicos e excesso de matéria orgânica), eles geralmente apresentam anomalias morfológicas (Bonetti, *op cit.*)

Duleba *et al.* (2003) afirmam que reconstituições ambientais podem ser obtidas através das variações nas associações de foraminíferos. Algumas aplicações destes descritores em sedimentos estuarinos referem-se à indicação das zonas de maior turbidez e de deposição preferencial da matéria orgânica, identificando caminhos de contaminação estuarina. De acordo com BARBOSA & SEOANE (2004), a detecção destas feições e o seu delineamento espaço-temporal são úteis no monitoramento ambiental. Assim, as mesmas espécies também podem ser utilizadas para mapear a presença de matéria orgânica em suspensão sob áreas de cultivo em qualquer tipo de projeto de aquicultura.

2.4.2 Espécies de foraminíferos indicadores de enriquecimento orgânico

Scott *et al.* (1995) desenvolveram trabalhos relacionados a determinação de ambientes bentônicos na aquicultura, com o objetivo de avaliar o enriquecimento de material orgânico, usando foraminíferos bentônicos para o monitoramento e mapeamento dos efeitos da poluição em ambientes costeiros. De acordo com Schafer *et al.* (1995), o maior impedimento para promover o uso sustentável de ambientes costeiros pela aquicultura é a falta de conhecimento dos efeitos específicos entre as interações das variações naturais e antropogênicas, causadas por esta atividade. Trabalhos realizados por estes autores, demonstram que o uso conjunto de foraminíferos e outros organismos indicadores possuem um grande potencial de monitoração das variações temporais e espaciais nos sedimentos próximos às áreas de cultivo, possibilitando assim, desenvolver um quadro da contribuição orgânica destas atividades para o ambiente costeiro.

Os foraminíferos, assim como vários outros organismos pertencentes a meiofauna, têm sua distribuição espacial e temporal afetada diretamente pelas características abióticas dos sedimentos e da coluna d'água. Bonetti (2000), ao estudar áreas estuarinas sob influência marinha de moderada a fraca (Estuário de São Vicente e ambientes internos/SP), encontrou duas taxa dominantes nestes ambientes: *Ammonia* spp. e *Cribroelphidium gunteri*. Estas espécies apresentam tolerâncias diferentes ao enriquecimento orgânico local. *Ammonia* spp. é mais abundante nas áreas melhor oxigenadas, sob menor influência continental e com teores orgânicos relativamente menores. A população de *C. gunteri* é maior nos

locais próximos as drenagens fluviais e/ou sujeitos ao maior aporte de compostos orgânicos.

Bates & Spencer (1979), ao estudar a Baía de Chesapeake (US), mostraram que o gênero *Elphidium* é cosmopolita e que domina a fauna foraminífera próximo à costa, sendo registrada a ocorrência desta espécie em regiões rasas da Baía de Chesapeake, associada ao enriquecimento orgânico. Rodrigues *et al.* (2003), estudando o Canal de Bertioga (SP), constataram que os ambientes próximos aos rios, com salinidades baixas e temperaturas elevadas, apresentam principalmente espécies aglutinantes, como *Haplophragmoides wilberti* e *Arenoparrella mexicana*. As regiões localizadas próximas às entradas de maré, com salinidades maiores e temperaturas mais baixas apresentaram espécies de foraminíferos calcários como *Pseudononion atlanticum* e *Pararotalia cananeaensis*.

De acordo com estudos realizados por Bonetti (2000), os indicadores de enriquecimento orgânico podem ser sub-divididos em três classes: a primeira, com distribuição limitada às áreas predominantemente marinhas, é formada pela reunião dos gêneros *Bolivina*, *Brisalina*, *Bulimina* e *Buliminella*. A segunda classe, com maior importância nas áreas estuarinas mixohalinas, pode ser definida pela razão *Criboelphidium gunteri*/*Ammonia* spp. (onde valores próximos ou superiores a 1 estão associados às áreas com altas concentrações orgânicas e déficit de oxigênio). A terceira classe, com melhor resolução nos manguezais, é definida em função da distribuição da espécie *Trochammina inflata*, mais tolerante aos altos teores de carbono e baixos valores de razão C/S (indicadora de decomposição orgânica anaeróbica).

Ao estudar a relação entre a matéria orgânica e os foraminíferos em áreas utilizadas pela aquicultura, Schafer *et al.* (1995) encontraram uma variação direta entre a abundância da espécie *Miliammina fusca* e concentrações de matéria orgânica, sugerindo crescente tolerância desta espécie às baixas concentrações de oxigênio. Sedimentos finos e organicamente enriquecidos podem influenciar na distribuição das espécies e na estrutura da comunidade bentônica através de preferências de substrato e alimento por estes organismos.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 SISTEMA ESTUARINO-LAGUNAR DO RIO ITAPOCU

3.1.1 Características morfológicas

As lagunas, referentes à forma, são caracterizadas pela presença de uma forte deriva litorânea na região marinha adjacente, que possivelmente condiciona sua formação, invariavelmente com orientação paralela à linha de costa e separada do mar aberto por uma ilha barreira (BONETTI FILHO, 1995). Como a maioria das lagunas tem seu início na desembocadura de um ou mais corpos d'água, Fairbridge (1968) admite a existência de “sistemas estuarino-lagunares” caracterizados por uma alta complexidade geométrica e hidrodinâmica, que podem apresentar grandes variações ambientais de um sistema para outro. Desta forma, o sistema estudado é referenciado por “Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu”, pois o termo reporta-se simultaneamente às características hidrodinâmicas e geomorfológicas nele presentes.

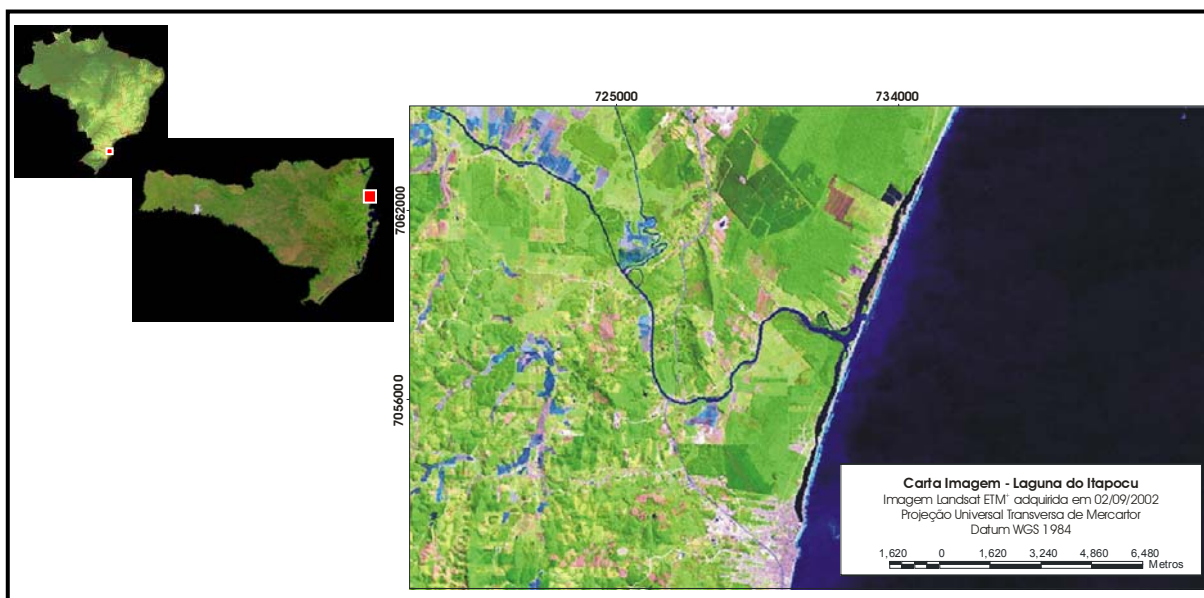


FIGURA 1-Localização do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Localizado no litoral norte do Estado de Santa Catarina (Fig. 1), este sistema é composto pelo estuário do Rio Itapocu, que deságua na lagoa costeira conhecida como Lagoa de Barra Velha / da Cruz, separada do mar por uma barreira arenosa

estreita e interrompida apenas pela desembocadura do próprio sistema, que é a única conexão deste sistema com o oceano (Fig. 2). A laguna tem orientação constante e paralela à linha de costa, ocupando uma extensão linear de aproximadamente 12 km, com larguras inferiores a 500 m. Sua profundidade média é de aproximadamente 1,8 m e as trocas de águas fluviais e marinhas atualmente ocorrem apenas pela desembocadura localizada ligeiramente ao norte de seu ponto central.

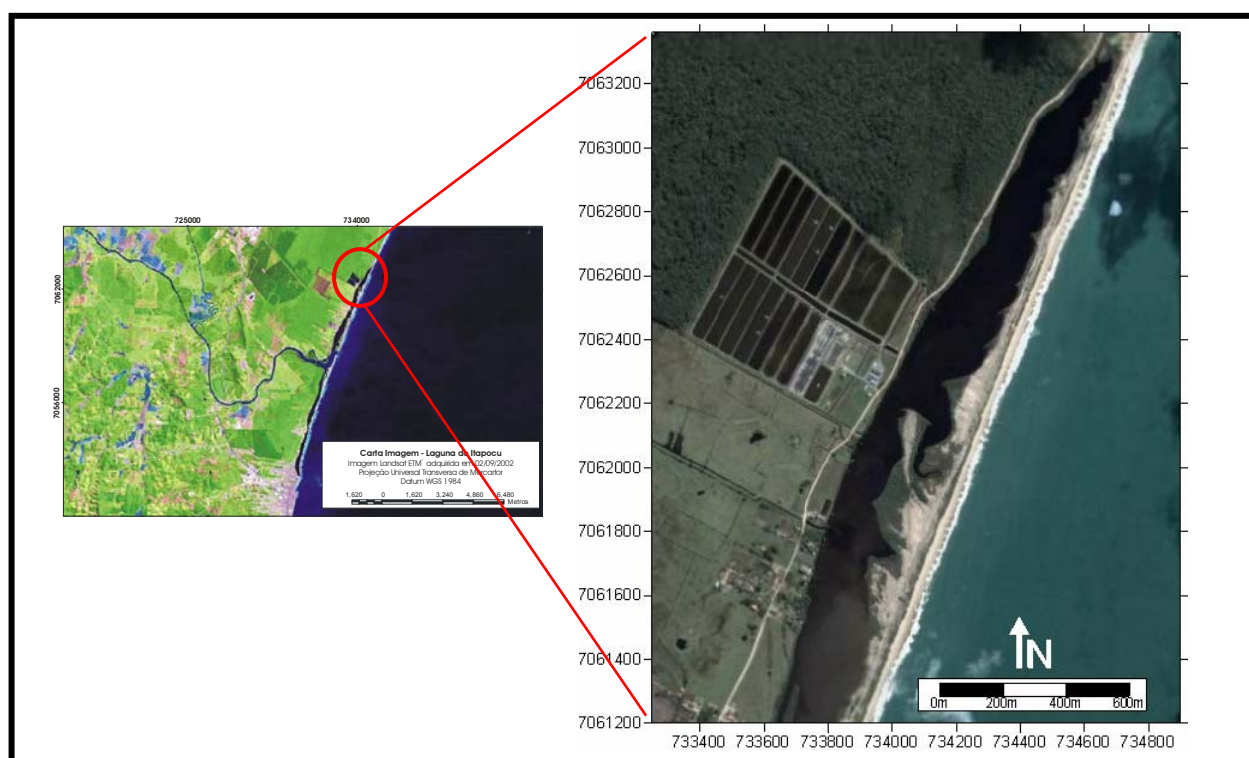


FIGURA 2-Sistema Estuarino Lagunar do Rio Itapocu e o setor norte.

3.1.2 Características hidrodinâmicas

A bacia hidrográfica do Rio Itapocu possui uma área de aproximadamente 2.930 km² e, segundo Schettini & Carvalho (1998), apresenta uma descarga fluvial média em torno de 77m³.s⁻¹. Antes de chegar à sua foz, o Rio Itapocu atravessa extensos campos com atividades agropecuárias e vários centros urbanos. Através de estudos realizados por Bonetti Filho *et al.* (2000) e Bonetti *et al.* (2004) acredita-se que o eixo estuarino sofre maior influência das águas fluviais pela superfície, sendo que as águas marinhas propagam-se estuário acima na forma de cunha (até distâncias superiores a 8 km da foz do Rio), induzindo maiores valores de salinidade

e pH na base da coluna. No eixo lagunar, as águas do Rio Itapocu fluem preferencialmente em direção a Barra Velha (a sul), estando o trecho norte (Lagoa da Cruz) mais resguardado dessa influência (Fig. 3). O extremo norte parece apresentar uma relativa independência do restante da laguna, possuindo uma fonte local de águas com características mais continentais, associada à presença de uma planície com amplos trechos de mata de restinga e um pequeno manguezal, que tem suas águas drenadas para esse setor através de pequenos cursos d'água.



FIGURA 3-Vista aérea do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e seu entorno.

Bonetti Filho *et al.* (2000) observaram que o eixo lagunar apresenta uma capacidade limitada de renovação de suas águas, sendo que no setor norte esta limitação se deve, primariamente, às baixas intensidades das correntes de maré, enquanto no setor sul, ocorre maior influência dos fluxos superficiais provenientes do Rio Itapocu, que promovem o represamento das águas em direção oposta à desembocadura do sistema. Para avaliar a hidrodinâmica no trecho norte do eixo lagunar, foi realizada em abril de 2000, pelos mesmos autores, uma estação fixa em frente à Fazenda Experimental Yakult, cobrindo um ciclo completo de maré.

Sob as condições específicas do momento da coleta dos dados, observou-se picos de velocidade instantânea da água entre as marés enchente e vazante, sugerindo a existência de uma pequena dinâmica local. Não houve incremento da salinidade durante a preamar, evidenciando restrita renovação das águas neste

trecho. Tais resultados sugerem a ação de vários ciclos de maré ou eventos isolados (grandes oscilações de maré ou fortes descargas fluviais) para que ocorra uma renovação completa destas águas.

3.1.3 Características sedimentológicas

O Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu é composto predominantemente por duas classes distintas de sedimentos: areia grossa e silte. Ao longo do corpo lagunar prevalecem os sedimentos mais finos, sobretudo nas extremidades norte e sul, enquanto a região da desembocadura lagunar e o eixo fluvial caracterizam-se pela presença de fração arenosa (BONETTI FILHO *et al.*, 2000). Entre os agentes de transporte atuantes na área, devem ser considerados as correntes fluviais e de maré, as ondas e os ventos.

Estudos da distribuição dos teores de matéria orgânica no sistema estuarino-lagunar revelaram que há uma relação direta deste parâmetro com o grau de confinamento do ambiente, ocorrendo maiores concentrações em áreas sob menor ação hidrodinâmica, com sedimentos mais finos e sujeitas a uma maior influência continental. Na porção sul do eixo lagunar, o aprisionamento natural de compostos orgânicos pode ser decorrente da existência de algumas depressões no relevo de fundo deste setor (“poços”), e também oriundo de esgotos domésticos lançados pelo município de Barra Velha.

A partir de uma setorização da área, proposta por Bonetti *et al.* (2004), o setor norte do sistema foi classificado como um ambiente lagunar típico, apresentando uma influência marinha moderada, encontrando-se mais abrigado dos agentes hidrodinâmicos atuantes na região da desembocadura. Os sedimentos encontrados foram predominantemente finos (siltosos) e o conteúdo orgânico variou entre 0 e 17%.

3.2 FAZENDA EXPERIMENTAL YAKULT

A Fazenda Experimental Yakult, posicionada entre 26°32'S e 48°39'W, é uma área pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina sob direção do

Laboratório de Camarões Marinhos (Departamento de Aqüicultura), que desenvolve pesquisas e pacotes tecnológicos voltados ao cultivo de camarões marinhos. Compreendendo uma área total de 365 hectares (ha), a fazenda possui 19 viveiros, cada um medindo aproximadamente 1,25 ha e trabalha com o cultivo da espécie exótica *Litopenaeus vannamei* em 2 ciclos produtivos anuais. Nesta fazenda existe um programa de monitoramento diário das características físico-químicas da água dos viveiros e canais de drenagem, com o objetivo de controlar a qualidade da água de cultivo (Quadro 1).

QUADRO 1-Descrição das características físico-químicas da água dos viveiros e canal de drenagem sul da Fazenda Experimental Yakult.

Pontos	Temperatura (°C)	O ₂ (mg/l)	pH	Sal (ppm)	Alcalinidade (mg/l)	Nitrogênio Inorgânico Total (mg/l)	Ortofosfato (mg/l)	Silicato (mg/l)
Viveiro 12	26,2	5,43	8,86	21	108	1,85	0,00	0,37
Viveiro 18	24,7	4,80	8,38	25	92	1,30	0,00	0,20
DRN sul	19,0	3,85	7,66	25	102	1,63	0,59	1,18

Fonte: Fazenda Experimental Yakult.

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 312, a Fazenda Experimental Yakult está enquadrada como um empreendimento de médio porte (com área inundada de aproximadamente 24 ha). Os viveiros são abastecidos com a água do setor norte da laguna (indicado pela linha azul) e os efluentes liberados em dois pontos do corpo lagunar, depois de passar pelos canais de drenagem (Fig.4).

Para a correção do pH (valor de 7,0 a 8,0), aumento da dureza e alcalinidade da água e controle da transparência no viveiro, faz-se o manejo com o cultivo em andamento utilizando aproximadamente 200kg de calcário por ha semanalmente e 30kg de óxido de cálcio por ha 3 vezes por semana.



FIGURA 4—Fotografia aérea da Fazenda Experimental Yakult/UFSC.

Fonte: Fazenda Experimental Yakult.

Ao fim de cada ciclo de cultivo, com a abertura das valas de escoamento, a matéria orgânica acumulada no sedimento é exposta e então se realiza a queima da mesma e desinfecção do viveiro, utilizando-se 300kg de nitrato de cálcio por ha, em seguida recomenda-se o revolvimento do solo numa camada de aproximadamente 10 cm. As características dos viveiros amostrados durante o período de coleta estão descritas abaixo (Quadro 2).

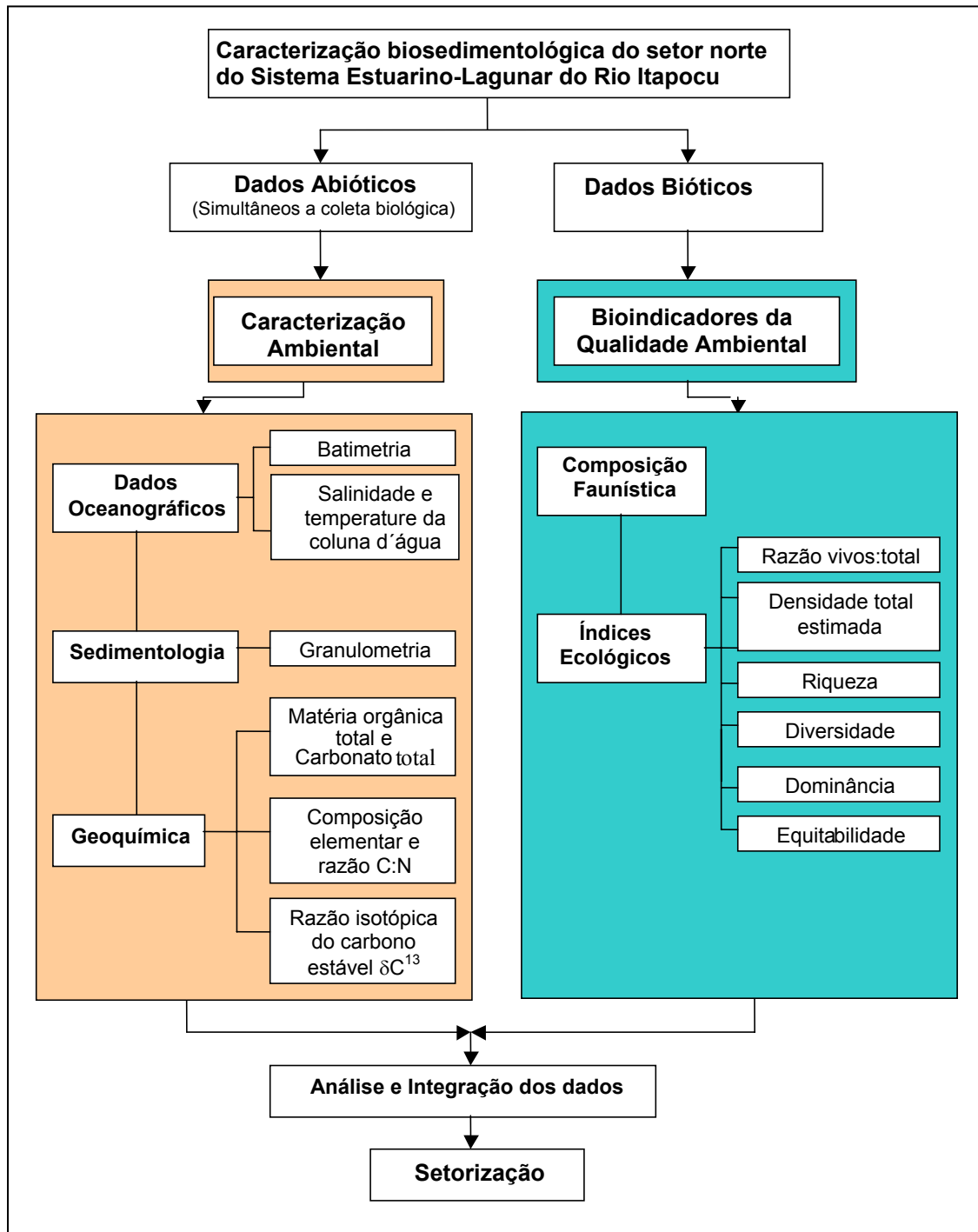
QUADRO 2—Caracterização do manejo adotado nos viveiros amostrados da Fazenda Experimental Yakult.

VIVEIROS	ÁREA (há)	PROF. (m)	DENSIDADE DE ESTOCAGEM (cam/m ²)	Σ RAÇÃO (Kg)	BIOMASSA ESTIMADA (Kg)	DIAS DE CULTIVO
12	1,25	1,0	9	1293	1103	96
18	0,4	1,0	14,5	808	634	96

Fonte: Fazenda Experimental Yakult.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ORGANOGRAMA DA PESQUISA



4.2 LEVANTAMENTO DA DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

Primeiramente foi realizado um levantamento do material cartográfico existente sobre a área em diferentes escalas de trabalho (cartas náuticas, topográficas, levantamentos aerofotográficos e imagens de satélite). Para a representação espacial das estações amostrais e distribuição dos parâmetros analisados, utilizou-se uma imagem georeferenciada extraída do programa Google Earth com posterior manipulação no programa SURFER 8.0.

4.3 ESTRATÉGIA AMOSTRAL

Para alcançar os objetivos propostos realizaram-se campanhas amostrais, coletando sedimento ao longo de uma malha regular densa no setor norte do sistema, nos dias 13 e 14 de julho de 2005. Coletas aleatórias nos viveiros de cultivo de camarões, canais de drenagem e de abastecimento da Fazenda Experimental Yakult, foram realizadas no dia 26 de abril de 2006.

O sedimento foi coletado utilizando o amostrador tipo Van-Veen em 49 estações pré-determinadas no corpo lagunar e localizadas com o auxílio de um GPS náutico Garmin Modelo GPSMAP 76S. As estações foram distribuídas em perfis transversais ao eixo principal da laguna, cada um deles sendo composto por uma estação na margem esquerda, no centro e na margem direita do corpo lagunar. Estes perfis tiveram eqüidistância de aproximadamente 200m nas duas extremidades do setor norte da laguna, e uma malha mais densa na porção central da área de estudo, com eqüidistância de 100m (Fig. 5). Este plano amostral considerou trabalhos pretéritos, como o estudo realizado por Bonetti *et al.* (2000), para identificar as áreas pontuais sujeitas ao aporte de contribuições marginais.

Durante a amostragem foram coletados dados de profundidade, temperatura e salinidade da coluna d'água nas estações localizadas no corpo lagunar, através de um CTD.

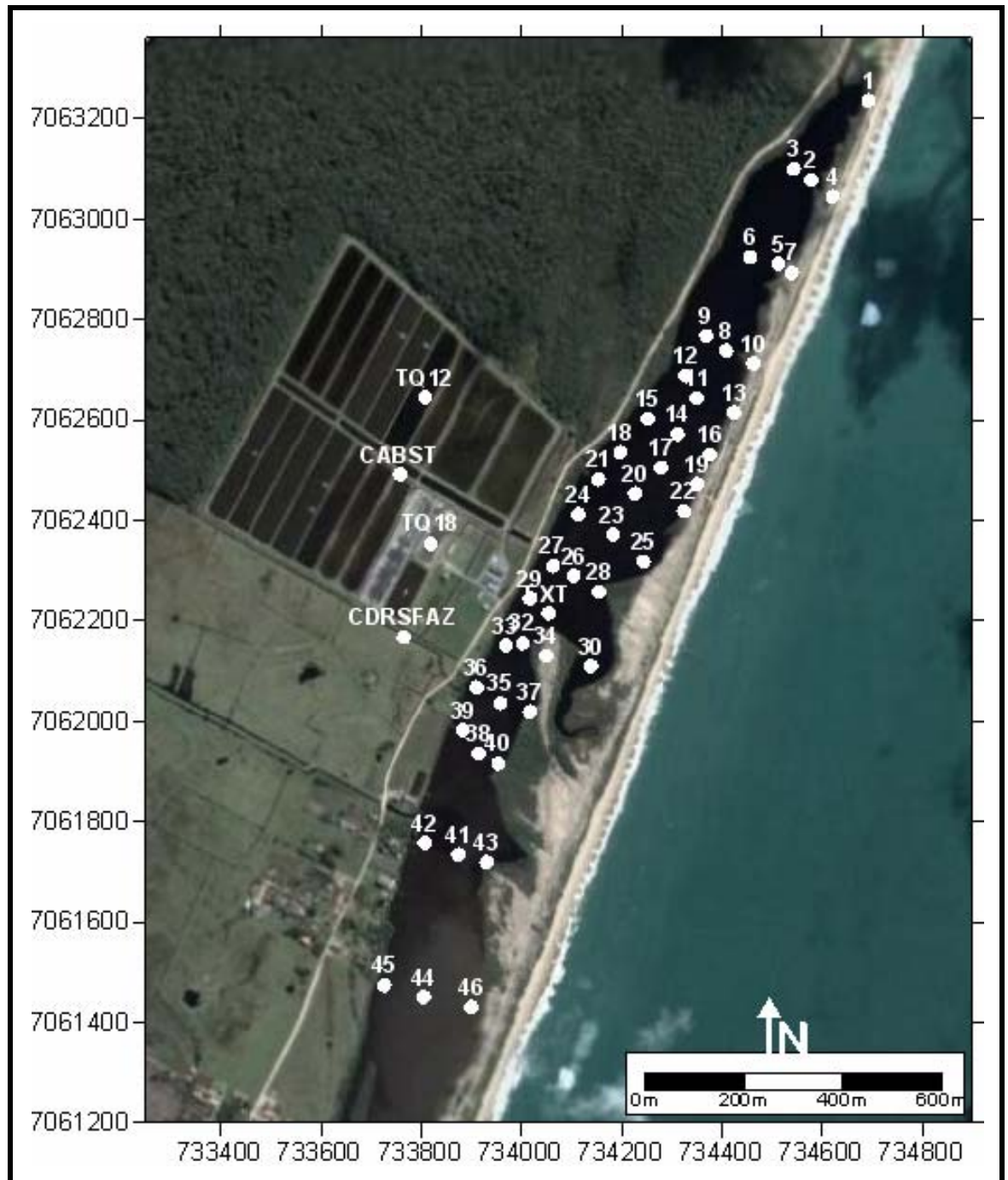


FIGURA 5-Mapa de localização das estações amostrais no setor norte do Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu e na Fazenda Experimental Yakult.

Os sedimentos coletados foram separados em três alíquotas, sendo uma fração destinada à análise granulométrica, dos teores de carbonato total e teores de matéria orgânica total; uma segunda fração para análise da composição do material orgânico e do isótopo de carbono estável δC^{13} ; outra fração foi destinada ao estudo da fauna de foraminíferos bentônicos. As alíquotas de sedimento coletadas para a análise geoquímica e de constituintes biológicos foram armazenadas sob refrigeração.

Foram coletadas 4 amostras de sedimento em duplicata na Fazenda Experimental Yakult, sendo amostrados os viveiros nº 12 e nº 18, o canal de drenagem sul e o canal de abastecimento, seguindo o mesmo procedimento de coleta de sedimento citado anteriormente.

Amostras da ração utilizada na alimentação dos camarões na Fazenda Experimental Yakult e amostras de fezes do camarão também foram coletadas a fim de estabelecer uma relação entre a constituição orgânica destes compostos e a composição dos sedimentos superficiais dos viveiros. Os camarões com peso variando de 1 a 12 gramas foram alimentados e acondicionados em tanques cônicos sob condições de temperatura e salinidade semelhantes aos viveiros amostrados por um período de um dia para depuração, após este período foi retirado uma alíquota de fezes dos camarões para posterior análise.

4.4 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS DO SEDIMENTO SUPERFICIAL

As alíquotas de sedimento para análise laboratorial foram inicialmente lavadas para a retirada de sais solúveis, com posterior secagem em estufa a temperatura de 60°C. Retirou-se uma alíquota de aproximadamente 30 gramas de sedimento homogeneizado em macerador de cerâmica. A partir desta massa inicial, eliminou-se a matéria orgânica, o carbonato total e realizou-se um estudo granulométrico, seguindo as recomendações de Gross (1971), Suguio (1973) e Coimbra *et al.* (1991).

4.4.1 Granulometria

Para o estudo da granulometria, as técnicas utilizadas para identificar o tamanho dos grãos do sedimento foram o peneiramento de partículas grossas (maiores que 0,062mm), utilizando peneiras com intervalos de 0,5 Phi (de -1 a 4 Phi), e a pipetagem, no caso dos sedimentos finos (inferiores a 0,062mm). Esta última é uma medida indireta, baseada na Lei de Stokes, que considera a velocidade de decantação das partículas. Ambos os procedimentos seguiram a metodologia descrita por Suguio (1973) e Coimbra *et al.* (1991). Os resultados obtidos foram trabalhados no programa SysGram, obtendo-se a classificação granulométrica de acordo com a escala de Wentworth, a classificação textural segundo Shepard e os parâmetros estatísticos de Folk & Ward, como o diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose.

4.4.2 Parâmetros geoquímicos

4.4.2.1 Teor de carbonato total

A presença de carbonatos em depósitos de ambientes costeiros pode ocorrer na forma de partículas biodetríticas, como fragmentos de conchas, corais ou algas calcárias, na forma de cimento, ou ainda sob a forma de lama carbonática. Para este trabalho, os teores de carbonato total presentes no sedimento foram determinados adotando-se a metodologia proposta por Gross (1971), que consiste na eliminação do carbonato biodetrítico através da queima com solução de ácido clorídrico (HCl) 10%. Após a queima as amostras foram lavadas com água destilada e secas em estufa a 60°C, sendo então feita a pesagem. A diferença percentual entre a massa inicial e a massa final expressa o teor de carbonato total presente na amostra.

4.4.2.2 Teor de matéria orgânica total

Os teores de matéria orgânica foram determinados a partir do processo de oxidação com Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂) 10% a uma temperatura de cerca de 150°C. Durante o período de reação a amostra foi homogeneizada em intervalos regulares, acrescentando-se solução de H₂O₂ até não se verificar mais borbulhamento. Ao término da reação, procederam-se a lavagem e secagem em

estufa, obtendo-se então o peso final da amostra. A diferença percentual entre a massa inicial e a massa final da amostra representa o teor de matéria orgânica total presente nos sedimentos (GROSS, 1971). A eliminação da matéria orgânica presente no sedimento é uma etapa necessária para a análise granulométrica de sedimentos finos, uma vez que sua presença interfere no processo de pipetagem.

4.4.2.3 Constituintes elementares, razão C:N e composição isotópica do carbono estável (δC^{13})

O procedimento para a análise da composição isotópica do carbono estável (δC^{13}), juntamente com a composição elementar da matéria orgânica (C e N) em sedimentos foi realizado após a secagem e o maceramento do material coletado em campo, com a pesagem de uma sub-amostra de 50mg em uma cápsula de estanho. Os valores isotópicos foram determinados pela combustão automática da amostra em um analisador elementar Carlo Erba (CHN-1110), acoplado ao espectrômetro de massa Finnigan Delta Plus. Com a queima das amostras em meio oxidante, os gases produzidos foram separados por cromatografia gasosa, purificados e carregados por um fluxo contínuo de Hélio. A composição isotópica do carbono é medida em relação a um padrão internacional de concentração conhecida (PDB-Pee Dee Belemnite). Os valores das razões isotópicas de carbono δC^{13} neste trabalho serão referidos de acordo com a notação internacional em relação à escala de PDB.

As análises isotópicas referentes as campanhas amostrais no corpo lagunar, nos viveiros de cultivo, nas fezes de camarão e na ração utilizada na Fazenda Experimental Yakult foram determinadas no Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Ecologia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), localizado no campus da ESALQ em Piracicaba (SP), sob supervisão do Prof. Dr. Plínio de Barbosa Camargo.

4.5 PROCESSAMENTO DOS CONSTITUÍNTES BIOLÓGICOS

Para a análise dos foraminíferos presentes nos sedimentos superficiais utilizou-se uma solução corante de rosa de bengala 40%, para identificação dos indivíduos vivos no momento da coleta. Uma alíquota de 50cc (cm^3) de sedimento foi peneirada a úmido em malha 0.062mm. Após secagem em estufa a 60°C, o material

retido na peneira de 0.062mm foi submetido a flotagem em tricloroetileno para uma pré-separação das testas de foraminíferos dos demais constituintes sedimentológicos (BOLTVOSKOY & WRIGHT, 1976).

Cada amostra obtida após este processo foi triada em estereomicroscópio e as testas acondicionadas em lâminas quadriculadas de fundo preto para posterior identificação. Optou-se por trabalhar com a fauna total (testas com protoplasma corado e testas vazias) porque segundo vários autores, entre eles Petterson (1990), o conteúdo biótico total define melhor as biofácies dominantes nos estuários ou lagunas, representando a somatória de eventos ambientais sazonais. A identificação dos espécimes baseou-se na classificação taxonômica de Loeblich & Tappan (1988, *apud* DEBENAY *et al.*, 1996) e para a preparação da prancha de identificação utilizou-se fotografias obtidas através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Após a estimativa do número total de indivíduos presentes em 50 cm³ de sedimento (densidade total) e do número de indivíduos pertencente a cada espécie em cada estação (abundância absoluta), seguiu-se a confecção da TABELA de abundância relativa das espécies.

Como descritores biológicos, foram utilizados, além da densidade total estimada, razão vivos/total, riqueza, os valores percentuais de testas calcárias porcelanáceas, calcárias hialinas e testas aglutinantes; os seguintes índices também foram analisados:

- Diversidade de Shannon: este índice valoriza as espécies menos dominantes na amostra, e é expresso pela fórmula (1)

$$(1) \quad H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \log p_i)$$

Onde p_i é a porcentagem de importância da espécie i na amostra.

- Dominância de Simpson: leva em conta o número de espécies (s), o total de indivíduos (N) e a proporção de ocorrência de cada espécie, expresso pela fórmula (2)

$$(2) \quad D' = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$$

Onde n_i : número de indivíduos na espécie i e N : número total de indivíduos.

▪ Equitabilidade de Pielou: refere-se à distribuição dos indivíduos entre as espécies, expresso pela fórmula (3)

$$(3) \quad J' = H' / \ln(S)$$

Onde H' : índice de Shannon e S : número de espécies na amostra.

Os cálculos de diversidade de Shannon e dominância de Simpson foram obtidos pelo programa DivEs v.2.0.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA E ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS

Para o estudo dos dados obtidos foram considerados parâmetros estatísticos descritivos como média, desvio padrão e valores máximos e mínimos. A determinação das relações de dependência entre as variáveis foi obtida utilizando o coeficiente de correlação paramétrico de Pearson (r), através do programa Statistica. O cálculo dos parâmetros estatísticos relacionados a granulometria do sedimento, como diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose, foram obtidos através do programa SysGram.

A Análise de Agrupamento foi utilizada para identificar compartimentos com funcionalidades específicas ao longo dos ambientes estudados com base na distribuição espacial das propriedades sedimentológicas e biológicas levantadas nesta pesquisa. O modo de análise escolhido foi o modo Q para as variáveis abióticas e o Modo R para as variáveis bióticas (associações de espécies). Todas as variáveis foram previamente normalizadas para log (base 10) e padronizadas (matriz com valores de z). O coeficiente de associação adotado foi a Distância Euclidiana e os dendrogramas foram gerados pelo método de agrupamento de Ward (variância mínima). Estas análises foram conduzidas com o auxílio do programa MVSP (Multi-Variate Statistical Package).

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi empregada para determinar os parâmetros sedimentológicos e biológicos que melhor sintetizam a variabilidade ambiental encontrada na área de estudo. Como os parâmetros analisados apresentam diferentes unidades, a matriz de dados foi previamente padronizada. Recorreu-se também a transformação logarítmica ($\log_{10} x + 1$) para aproximar as séries de dados da distribuição normal.

Os resultados obtidos nas análises granulométricas, geoquímicas e biológicas, bem como a setorização definida a partir da análise de agrupamento foram representados espacialmente através do programa SURFER 8.0. O método de interpolação usado foi a krigagem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA

O comportamento das propriedades oceanográficas, como os parâmetros hidrográficos (temperatura e salinidade) da camada de superfície e fundo, batimetria e as coordenadas geográficas estão listados na TABELA 1. Observa-se que a profundidade variou entre 0,22 e 2,40 m, onde as áreas mais profundas estiveram localizadas no eixo central do setor norte, enquanto as estações próximas à margem continental da laguna mostraram-se mais rasas (Fig. 6).

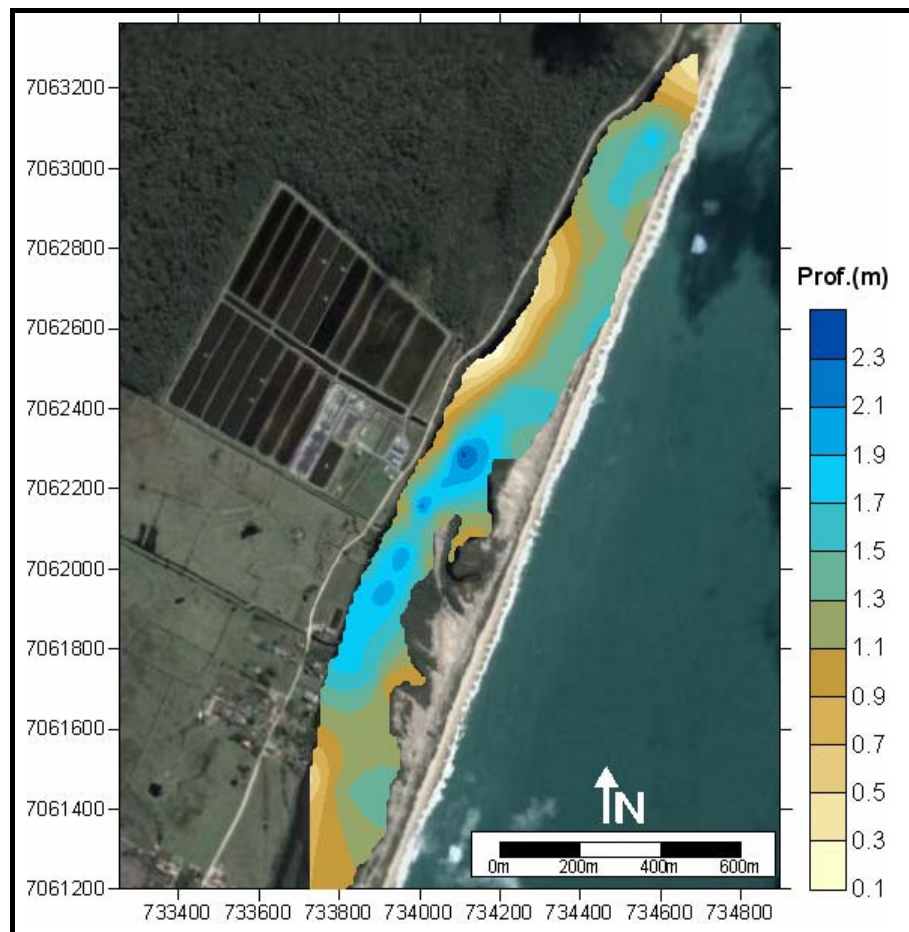


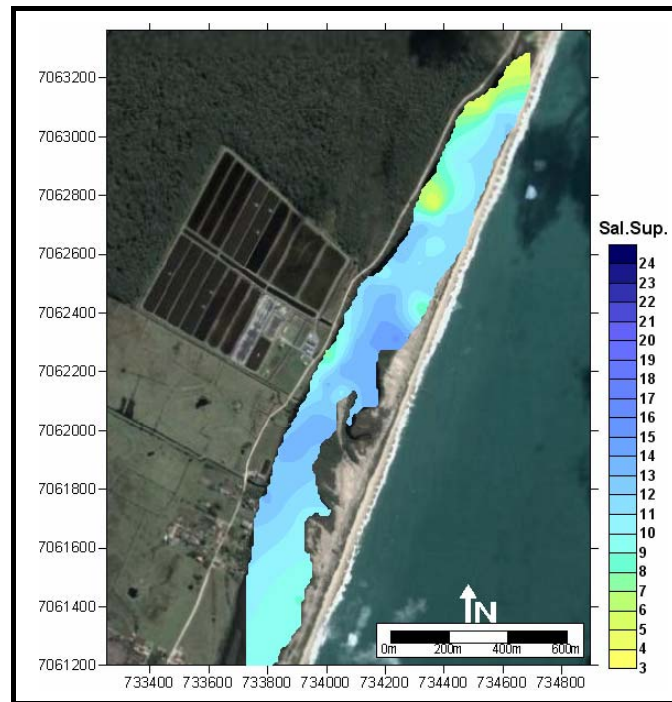
FIGURA 6—Mapa batimétrico do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

TABELA 1—Coordenadas geográfica (UTM), Profundidade (metros), Salinidade (PSU) e Temperatura (°C) de superfície e fundo das estações amostradas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

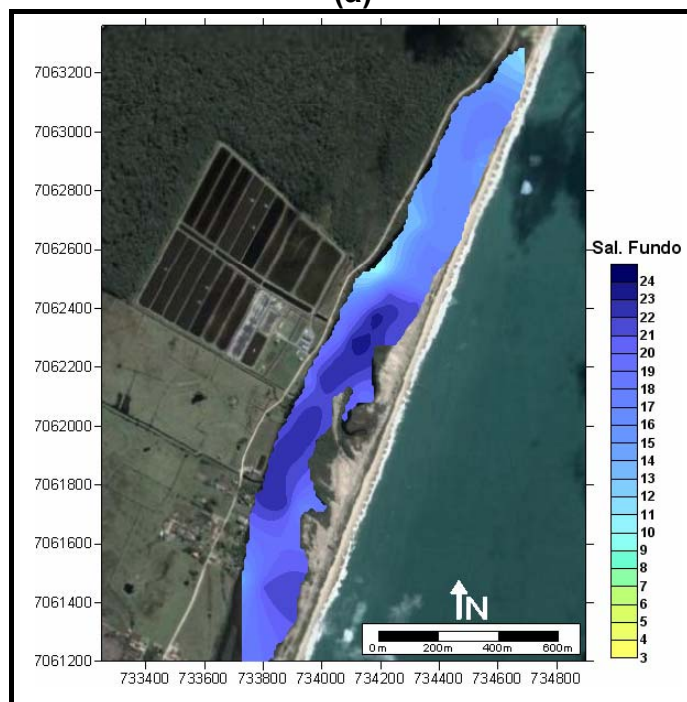
Estações	Long.	Lat.	Prof.	Salinidade		Temperatura	
				Sup.	Fundo	Sup.	Fundo
1	734692	7063236	0,39	5,24	11,77	22,04	21,21
2	734578	7063079	1,86	11,18	17,76	21,30	21,44
3	734544	7063100	1,34	5,65	16,85	22,67	21,58
4	734621	7063045	1,40	12,08	17,50	22,31	21,44
5	734512	7062911	1,60	11,07	17,42	22,06	21,58
6	734456	7062925	1,46	11,04	16,73	21,99	21,54
7	734540	7062893	1,11	11,54	14,76	21,48	21,57
8	734408	7062738	1,34	10,95	17,08	22,82	21,71
9	734369	7062768	0,83	4,55	15,87	21,67	22,28
10	734462	7062713	1,45	11,56	16,75	22,28	21,54
11	734350	7062644	1,19	10,44	16,85	23,25	21,90
12	734327	7062688	0,60	13,19	13,37	22,44	22,59
13	734424	7062615	1,50	11,10	16,40	22,64	21,62
14	734312	7062572	1,24	10,91	16,64	22,93	21,83
15	734251	7062602	0,46	13,16	12,87	21,44	23,04
16	734377	7062531	1,47	11,93	18,22	22,15	21,73
17	734279	7062506	1,28	11,37	16,42	22,61	21,75
18	734197	7062536	0,22	10,26	9,67	20,42	23,02
19	734350	7062472	1,40	11,84	16,89	21,10	21,75
20	734227	7062453	1,54	13,46	21,03	21,53	21,74
21	734153	7062482	0,52	12,58	13,22	22,29	22,56
22	734324	7062419	1,55	7,51	21,07	21,33	21,61
23	734182	7062373	1,81	13,98	23,59	21,86	21,79
24	734114	7062412	0,92	11,65	17,72	21,56	22,13
25	734244	7062318	1,33	15,25	20,98	21,63	21,74
26	734105	7062290	2,40	13,94	23,37	21,51	21,73
27	734063	7062310	1,08	9,78	18,91	20,54	21,90
28	734155	7062258	1,95	13,55	23,01	21,40	21,72
29	734017	7062245	1,23	7,90	20,10	19,52	21,67
30	734138	7062110	1,10	13,48	19,66	21,11	21,50
EXT	734054	7062215	1,94	13,86	22,70	21,06	21,70
32	734003	7062156	2,27	13,55	23,07	21,39	21,69
33	733969	7062151	1,10	10,76	19,83	20,35	21,69
34	734049	7062130	1,19	10,56	21,97	20,12	21,67
35	733958	7062036	2,15	13,51	22,90	21,26	21,69
36	733910	7062068	1,39	11,94	20,88	20,61	21,76
37	734017	7062019	1,23	13,27	21,54	20,80	21,77
38	733915	7061936	2,08	13,56	22,78	20,83	21,69
39	733883	7061983	1,68	13,11	21,92	20,87	21,82
40	733954	7061916	1,61	12,35	21,77	20,80	21,93
41	733874	7061734	1,64	11,49	22,61	19,97	21,77
42	733807	7061758	1,77	13,12	22,76	20,79	21,80
43	733931	7061720	0,91	10,76	17,18	19,37	21,89
44	733805	7061451	1,28	9,91	21,36	19,58	22,10
45	733726	7061474	0,42	10,86	13,89	20,66	20,94
46	733900	7061431	1,41	8,93	21,97	19,04	22,15
Máximo			2,40	15,25	23,59	23,25	23,04
Mínimo			0,22	4,55	9,67	19,04	20,94
Média			1,34	11,38	18,73	21,33	21,81
Desvio Padrão			0,50	2,32	3,52	0,99	0,39

Em relação à salinidade, nota-se uma acentuada diferença entre os valores de superfície e fundo na porção centro-sul (Fig. 7); nesta região, a salinidade de

fundo alcançou valor máximo de $23,59 \text{ PSU} \pm 3,52 \text{ PSU}$, enquanto a camada superficial apresentou valor máximo de $15,25 \text{ PSU} \pm 2,32 \text{ PSU}$. Tal condição pode estar indicando uma maior influência marinha nesta porção do setor estudado.



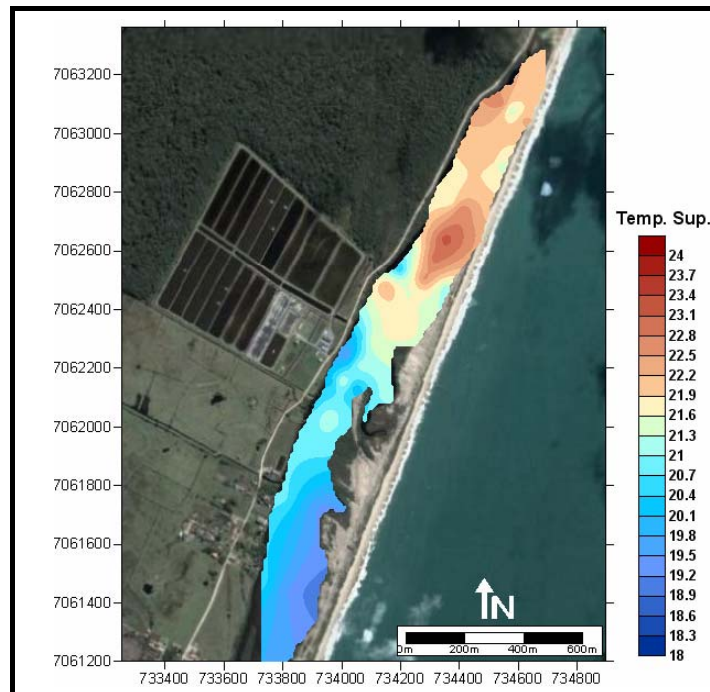
(a)



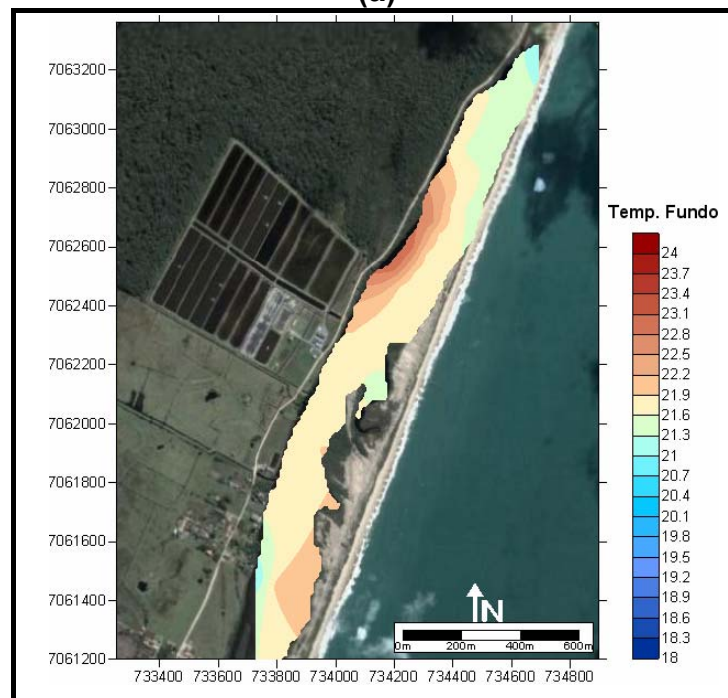
(b)

FIGURA 7 - Mapas de distribuição espacial da salinidade de superfície (a) e fundo (b) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

A temperatura não variou significativamente ao longo da coluna d'água (Fig. 8), apresentando valores máximos de $23,25^{\circ}\text{C} \pm 0,99^{\circ}\text{C}$ na camada superficial e $23,04^{\circ}\text{C} \pm 0,39^{\circ}\text{C}$ na camada de fundo, os menores registros estiveram relacionados às águas com maior salinidade.



(a)



(b)

FIGURA 8 - Mapas de distribuição espacial da temperatura de superfície (a) e fundo (b) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Através da salinidade e temperatura superficial foi possível identificar um gradiente de confinamento na área de estudo, sendo o trecho ao norte da Fazenda Experimental Yakult um ambiente mais confinado, caracterizado por uma menor influência marinha (salinidades inferiores a 18 PSU) e que provavelmente apresenta um tempo de residência maior de suas águas.

5.2 CARACATERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS E GEOQUÍMICAS

5.2.1 Granulometria

A distribuição dos sedimentos, com base no diagrama triangular de Shepard mostra que o setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu é composto predominantemente por sedimentos entre as classes areia e silte (áreas 9 e 12 da FIGURA 9).

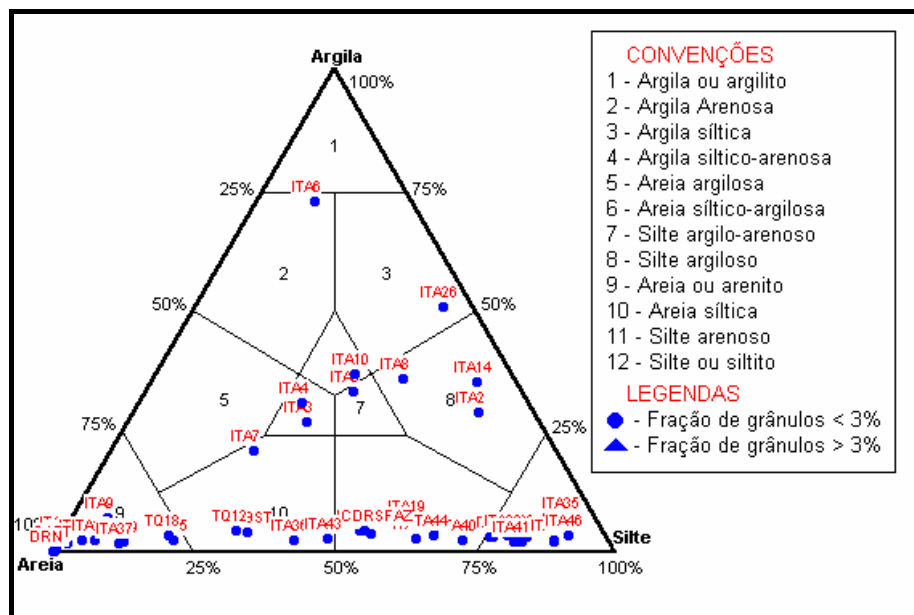


FIGURA 9 – Diagrama de Shepard.

Assim como já comentado para a coluna d'água, pode-se observar também em relação aos sedimentos, uma mudança no padrão de deposição ao norte da Fazenda Experimental Yakult. Neste trecho predominam sedimentos mais finos, representativos da classe granulométrica “silte grosso” (28% das estações amostradas), concentrada sobretudo no eixo central, onde também ocorrem as maiores profundidades (Tab. 2; Fig. 10). Este padrão de distribuição dos sedimentos

já havia sido encontrado por Bonetti *et al.* (2004), quando constataram que à medida que as estações se afastam dos pontos de máxima energia (desembocadura do Rio Itapocu e desembocadura lagunar) passa a ocorrer uma deposição preferencial de finos.

Na margem continental da laguna, em frente a Fazenda Experimental Yakult e no extremo sul do setor estudado foram encontradas areias médias, depositadas nas áreas mais rasas e possivelmente associadas a proximidade de canais de drenagem pluvial e antigas desembocaduras. De acordo com Isla (1995), fácies arenosas são comuns nas proximidades dos canais de ligação com o oceano e perto das desembocaduras de rios que deságuam em lagunas ou então próximas às margens. Nestes trechos a hidrodinâmica tende a ser maior, dificultando a deposição de partículas finas, estas são então transportadas e depositadas em setores de baixa energia.

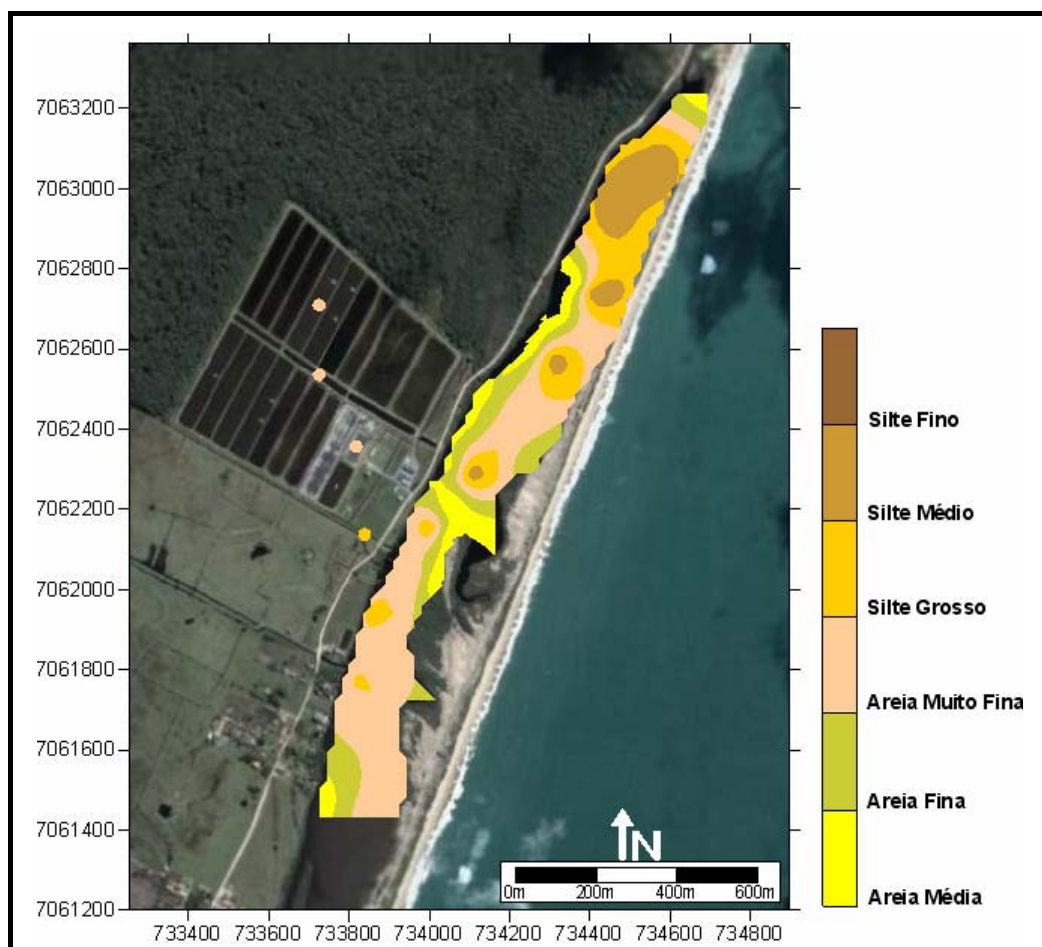


FIGURA 10 – Mapa de distribuição espacial da classificação granulométrica no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

TABELA 2–Síntese das características sedimentológicas do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, conforme parâmetros granulométricos de Folk & Ward (mz = diâmetro médio; md = mediana; dp = grau de seleção; ski = assimetria; Kg = curtose).

Estação	md	mz	dp	ski	kg	Classificação pela média	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose	%Carb. Total
1	1,93	1,91	0,86	0,05	1,02	Areia média	Moderadamente	Aprox. simétrica	Mesocúrtica	1
2	6,69	6,93	2,20	-0,22	0,92	Silte fino	Muito pobremente	Negativa	Mesocúrtica	20
3	5,38	4,65	3,02	0,26	0,63	Silte médio	Muito pobremente	Positiva	Muito platicúrtica	17
4	5,33	5,33	3,38	-0,01	0,53	Silte médio	Muito pobremente	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica	22
5	5,95	6,27	3,09	-0,16	0,60	Silte médio	Muito pobremente	Negativa	Muito platicúrtica	27
6	7,45	9,27	2,86	-0,84	1,39	Silte muito fino	Muito pobremente	Muito negativa	Leptocúrtica	26
7	4,41	3,05	3,36	0,49	0,65	Silte grosso	Muito pobremente	Muito positiva	Muito platicúrtica	20
8	6,28	6,63	2,91	-0,20	0,72	Silte fino	Muito pobremente	Negativa	Platicúrtica	23
9	1,77	1,34	2,03	0,62	2,22	Areia média	Muito pobremente	Muito positiva	Muito leptocúrtica	5
10	5,87	6,56	3,35	-0,28	0,57	Silte médio	Muito pobremente	Negativa	Muito platicúrtica	26
11	3,78	4,32	1,58	-0,42	1,51	Areia muito fina	Pobremente	Muito negativa	Muito leptocúrtica	21
12	1,34	1,32	0,62	0,15	1,00	Areia média	Moderadamente	Positiva	Mesocúrtica	2
13	3,46	4,17	2,15	-0,33	0,79	Areia muito fina	Muito pobremente	Muito negativa	Platicúrtica	25
14	6,82	6,72	2,30	-0,02	0,66	Silte fino	Muito pobremente	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica	25
15	1,54	1,43	0,88	0,30	1,18	Areia média	Moderadamente	Muito positiva	Leptocúrtica	3
16	4,76	4,64	1,21	-0,02	2,15	Silte grosso	Pobremente	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica	26
17	4,68	4,65	1,18	-0,14	1,75	Silte grosso	Pobremente	Negativa	Muito leptocúrtica	27
18	2,63	2,67	0,47	-0,10	1,15	Areia fina	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	1
19	4,08	5,08	2,59	-0,37	1,05	Silte grosso	Muito pobremente	Muito negativa	Mesocúrtica	25
20	4,46	4,51	1,18	-0,11	2,19	Silte grosso	Pobremente	Negativa	Muito leptocúrtica	26
21	2,20	2,17	1,11	0,14	1,25	Areia fina	Pobremente	Positiva	Leptocúrtica	3
22	3,59	4,32	1,79	-0,44	0,89	Areia muito fina	Pobremente	Muito negativa	Platicúrtica	26
23	4,29	4,58	1,61	-0,30	2,22	Silte grosso	Pobremente	Negativa	Muito leptocúrtica	27
24	2,44	2,35	1,17	0,34	1,88	Areia fina	Pobremente	Muito positiva	Muito leptocúrtica	23
25	2,30	1,56	2,01	0,55	1,24	Areia fina	Muito pobremente	Muito positiva	Leptocúrtica	11
26	7,46	8,03	2,16	-0,38	0,73	Silte muito fino	Muito pobremente	Muito negativa	Platicúrtica	25
27	2,06	2,06	0,95	-0,01	0,94	Areia fina	Moderadamente	Aprox. simétrica	Mesocúrtica	2

TABELA 2 (continuação)–Síntese das características sedimentológicas do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Estação	md	mz	dp	ski	kg	Classificação pela média	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose	%Carb. Biodetr.
28	4,45	4,45	0,88	-0,15	2,74	Silte grosso	Muito pobremente	Negativa	Muito leptocúrtica	17
29	2,75	2,71	1,27	0,18	1,51	Areia fina	Pobremente	Positiva	Muito leptocúrtica	6
30	1,35	1,36	0,59	0,03	0,90	Areia média	Moderadamente	Aprox. simétrica	Mesocúrtica	4
ext	0,90	0,86	0,60	0,11	1,11	Areia grossa	Moderadamente	Positiva	Leptocúrtica	3
32	5,08	5,12	0,99	0,03	1,38	Silte médio	Moderadamente	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	22
33	4,45	4,48	0,96	-0,04	2,49	Silte grosso	Moderadamente	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica	22
34	0,98	0,92	0,54	0,12	1,05	Areia grossa	Moderadamente	Positiva	Mesocúrtica	2
35	4,91	4,75	1,22	0,48	2,01	Silte grosso	Pobremente	Muito positiva	Muito leptocúrtica	14
36	3,71	3,52	1,13	0,35	0,98	Areia muito fina	Pobremente	Muito positiva	Mesocúrtica	16
37	1,32	1,05	1,31	0,55	2,28	Areia média	Pobremente	Muito positiva	Muito leptocúrtica	6
38	4,88	4,80	0,99	-0,03	1,40	Silte grosso	Moderadamente	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	25
39	4,48	4,48	0,80	-0,10	2,21	Silte grosso	Moderadamente	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica	22
40	3,89	4,45	1,69	-0,40	1,89	Areia muito fina	Pobremente	Muito negativa	Muito leptocúrtica	21
41	4,56	4,52	0,94	-0,10	2,11	Silte grosso	Moderadamente	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica	25
42	4,53	4,53	0,70	0,05	1,98	Silte grosso	Moderadamente	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica	10
43	3,23	4,00	1,94	-0,39	0,71	Areia muito fina	Pobremente	Muito negativa	Platicúrtica	14
44	3,50	4,31	1,73	-0,54	1,12	Areia muito fina	Pobrementel	Muito negativa	Leptocúrtica	18
45	1,93	2,02	0,86	-0,12	0,96	Areia média	Moderadamente	Negativa	Mesocúrtica	2
46	4,54	4,54	0,69	0,01	2,09	Silte grosso	Moderadamente	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica	22
capt	2,21	2,26	1,04	-0,12	1,08	Areia fina	Pobremente	Negativa	Mesocúrtica	2
drs	3,90	4,19	1,54	-0,17	1,45	Areia muito fina	Pobremente	Negativa	Leptocúrtica	15
drn	2,08	2,13	0,61	-0,21	1,20	Areia fina	Moderadamente	Negativa	Leptocúrtica	1
cabst	3,56	3,31	1,44	0,30	1,37	Areia muito fina	Pobremente	Positiva	Leptocúrtica	12
drsfaz	4,06	4,19	1,73	-0,09	1,60	Silte grosso	Pobremente	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica	8
tq12	3,72	3,33	1,42	0,57	1,31	Areia muito fina	Pobremente	Muito positiva	Leptocúrtica	8
tq18	3,45	3,18	1,27	0,50	1,94	Areia muito fina	Pobremente	Muito positiva	Muito leptocúrtica	7

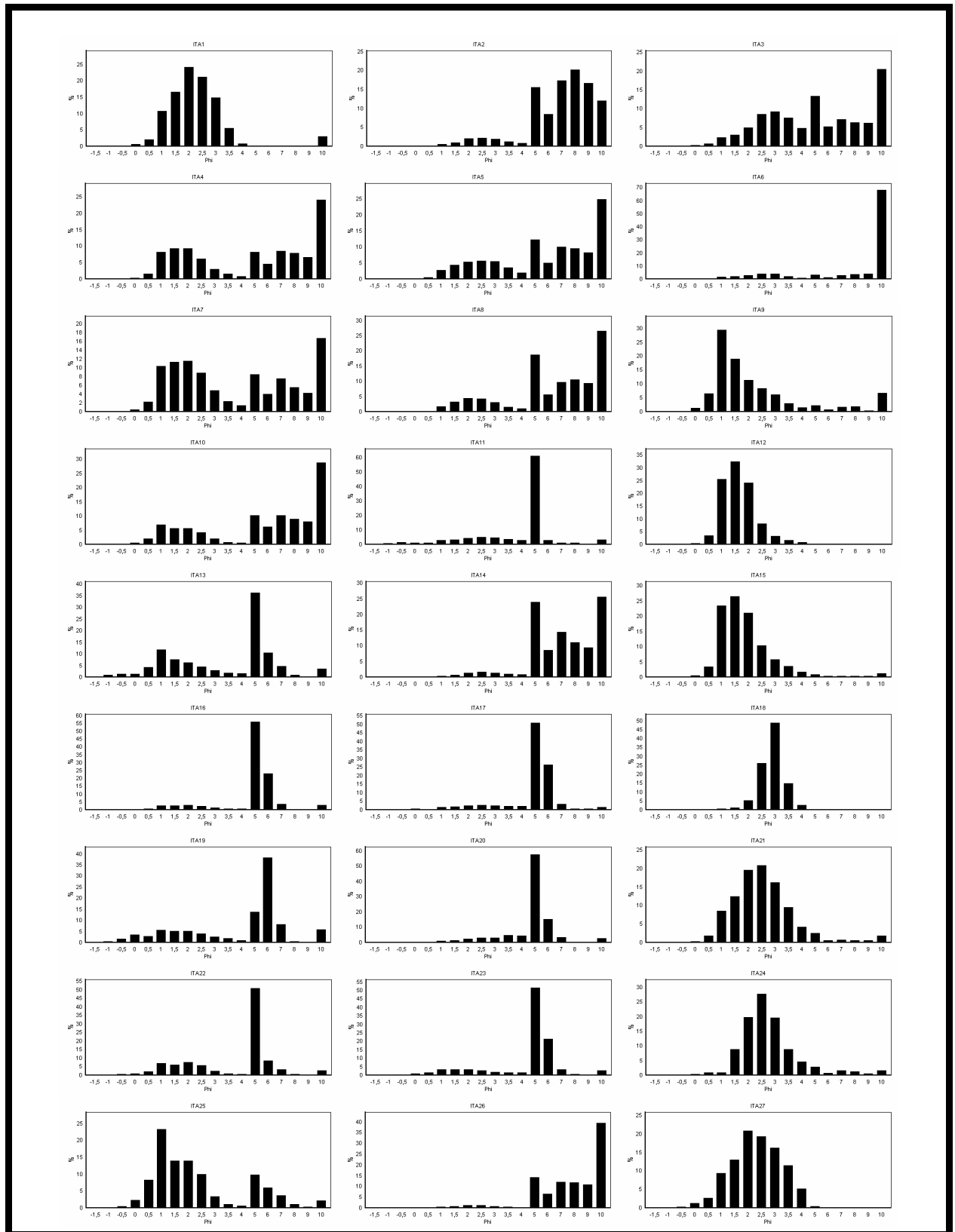


FIGURA 11 – Histogramas com a distribuição granulométrica identificada nos sedimentos do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e das estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult.

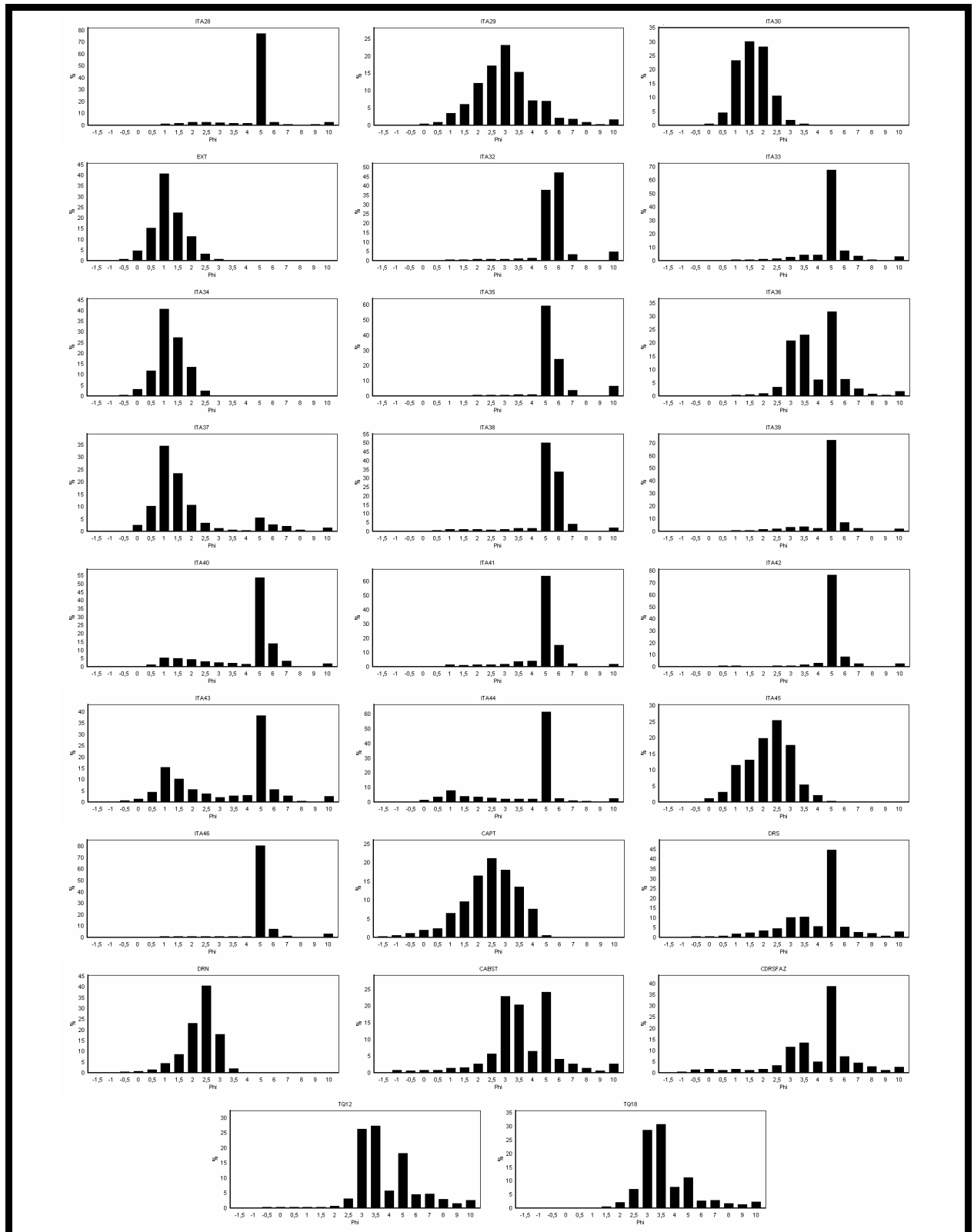


FIGURA 11 (continuação) – Histogramas com a distribuição granulométrica identificada nos sedimentos do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e das estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult.

A análise dos histogramas (Fig. 11) mostra um pobre selecionamento granulométrico nas estações da porção norte do setor amostrado, característica comum em ambientes de pouca energia, com maior participação das frações mais finas, predominando nestas amostras grãos com tamanho entre 5 Ø e 10 Ø, sugerindo a inexistência de um mecanismo de transporte eficiente.

As estações localizadas na extremidade sul apresentaram valores de diâmetro médio dos sedimentos entre 4,91Ø (silte grosso) e 1,32 Ø (areia média), com grau de seleção variando entre 0,69 Ø (moderadamente selecionado) e 1,94 Ø (pobremente selecionado). As estações amostradas nos tanques da Fazenda Experimental Yakult revelaram um predomínio de areia muito fina pobremente selecionada, com assimetria positiva.

Comparando os dados sedimentológicos apresentados com os observados no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP) por Barcellos (2005) e no Complexo Lagunar Camacho & Garopaba do Sul e Santa Marta (SC) por Oliveira (2004), nota-se uma semelhança com relação à distribuição espacial da granulometria. Em ambos os trabalhos foram encontrados sedimentos siltosos associados a baixios sedimentares e áreas mais protegidas da influência marinha, enquanto os depósitos arenosos estão relacionados com áreas de maior energia.

5.2.2 Teor de carbonato total

Os teores de carbonato total encontrados no corpo lagunar mostraram-se altos, com valores entre 0,54% e 27,03%. As maiores concentrações estiveram presente na margem leste da porção norte do setor (Fig. 12), associado aos sedimentos mais finos e as maiores profundidades, enquanto os menores valores (concentração inferior a 10%) foram encontrados nas regiões rasas com predomínio de sedimentos arenosos. As estações amostradas no interior da Fazenda Experimental Yakult apresentaram valores de carbonato total entre 7,20% e 11,58%, a maior concentração ocorreu no canal de abastecimento, enquanto o menor valor foi observado no tanque n.18, representando o viveiro com menor tempo de uso da fazenda.

Bonetti *et al.* (2004), ao estudarem o mesmo sistema encontraram baixas concentrações de carbonato total no setor norte, com teores variando entre 0,74% e 1,19%. Estes dados podem estar sugerindo um enriquecimento de compostos carbonáticos no sedimento ao longo do tempo, provavelmente por fontes externas.

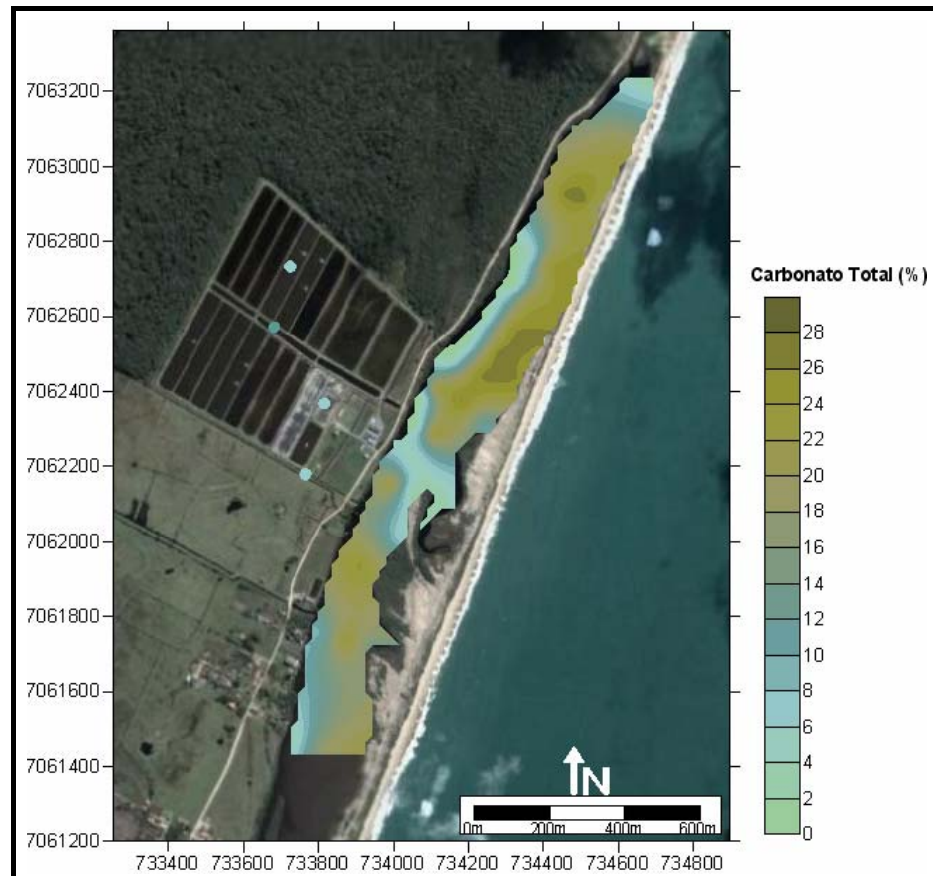


FIGURA 12 – Distribuição espacial dos Teores de Carbonato Total no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.

Embora os valores observados na Fazenda Experimental Yakult sejam inferiores a 15%, acredita-se que a fazenda possa representar uma fonte de contribuição externa para o aumento do carbonato de cálcio no corpo lagunar, uma vez que se utilizam compostos como a cal virgem, calcário dolomítico, nitrato de cálcio e óxido de cálcio para o manejo dos viveiros (item 3.2). Considera-se que o processo de precipitação do cálcio na forma de carbonato de cálcio, nas áreas mais profundas e de baixa energia, seja favorecido por uma elevada concentração de cálcio dissolvido na coluna d'água oriundo da renovação da água dos tanques e lançamento dos efluentes para o corpo lagunar. Este processo de deposição do

carbonato é agravado pelo elevado tempo de retenção das águas neste setor, e pela possível presença de CO₂ nestas regiões devido à degradação da matéria orgânica. Porém, é importante ressaltar que a origem do carbonato de cálcio no setor norte deste sistema merece ser estudada com maiores detalhes em trabalhos futuros.

Na Laguna do Camacho & Garopaba do Sul (OLIVEIRA, 2004) foi encontrado valor máximo de carbonato total de 14,56% em sedimentos siltsos, enquanto que na Laguna de Cananéia-Iguape (BARCELLOS, 2005) foram registrados valores entre 1,1% e 39,3%, sendo os maiores valores presentes na desembocadura lagunar, onde a maior hidrodinâmica leva ao selecionamento e deposição de fragmentos de conchas de origem marinha. Esta situação é oposta à verificada na área de estudo, onde os maiores teores de carbonato total foram encontrados em áreas de baixa hidrodinâmica, não sendo observados fragmentos biodetríticos que justificassem tais valores.

5.2.3 Teor de matéria orgânica total

A distribuição dos teores de matéria orgânica apresentou uma relação direta com a profundidade e com o grau de confinamento do ambiente. Os valores encontrados variaram de 1,39% a 31,70% (Tab. 3), sendo que as maiores concentrações estiveram distribuídas ao longo do eixo central do setor norte (Fig.13), onde ocorreram as maiores profundidades e os substratos compostos por sedimentos finos. As baixas concentrações orgânicas coincidem com a maior participação de areia no sedimento. Já nas estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult, o valor máximo de 20,59% foi observado no canal de abastecimento de água, onde não é realizada a queima da matéria orgânica entre os ciclos de cultivo. Dentro dos tanques de cultivo os teores de matéria orgânica variaram entre 4 e 16%.

Como este parâmetro possui uma relação direta com a topografia de fundo e sua deposição ocorre sob as mesmas condições energéticas favoráveis à deposição de sedimentos finos. É possível que o comportamento observado para a matéria orgânica total no sedimento lagunar esteja associado ao aprisionamento natural das águas enriquecidas organicamente em um canal mais profundo, menos susceptível

às correntes superficiais geradas pelos ventos. Além disso, é importante ressaltar que o tamanho das partículas influencia as propriedades físico-químicas do sedimento, uma vez que quanto menor o tamanho da partícula, maior a área superficial específica, aumentando a capacidade de trocas de cátions e favorecendo a adsorção de orgânicos. Neste caso, explica-se a ocorrência de grande quantidade de matéria orgânica em sedimentos basicamente siltsos.

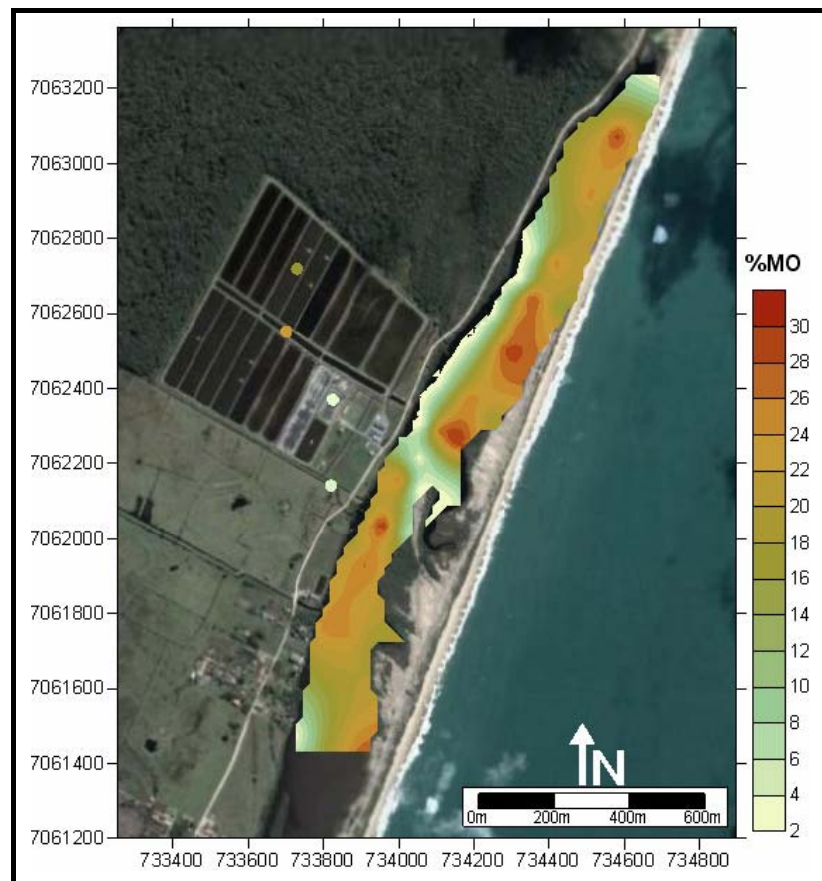


FIGURA 13 – Distribuição espacial dos Teores de Matéria Orgânica Total (%MO) ao longo do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.

Embora este seja um ambiente naturalmente enriquecido organicamente, nota-se a ocorrência de altos teores orgânicos ao longo de todo o trecho lagunar estudado, comparado com outras lagunas no estado de Santa Catarina, como por exemplo, a Laguna de Santa Marta com valor máximo de matéria orgânica de 14% (OLIVEIRA, 2004) e as Lagunas de Barra Velha (BUSSOLO et al., 2000) e Lagoa da Conceição (PORTO-FILHO, 1993) com valores médios de 5,92 e 7,19%, respectivamente. Este resultado pode estar representando uma influência de

material de origem alóctone, tal como compostos em suspensão carregados para o interior da laguna pelo fluxo dos canais de drenagem pluvial, vegetação em decomposição proveniente das áreas de entorno, principalmente restinga e manguezal. Pode ainda estar associado ao efluente enriquecido com material orgânico e biomassa fitoplanctônica da fazenda de crescimento de camarões marinhos. Em relação ao material autóctone, podem ser citados como principais fontes a decomposição de macrófitas que naturalmente ocorrem nestes ambientes e as populações bentônicas.

Os resultados observados apresentam uma relativa semelhança com o encontrado anteriormente por Bonetti *et al.* (2004) para o mesmo sistema, onde as maiores concentrações estiveram associadas a áreas de menor ação hidrodinâmica (com sedimentos mais finos) e sujeitas a uma maior influência continental, demonstrando uma relação direta e proporcional com o diâmetro médio do grão.

5.2.4 Constituintes orgânicos (C,N) e razão C:N

O conteúdo de carbono orgânico no setor norte do sistema variou de 0,3% a 9,5%, mantendo-se inferior a 7% na maioria das estações amostradas (70%). A espacialização deste descritor indicou uma tendência de distribuição dos menores valores no sentido sul, aumentando em direção ao norte (Fig. 14), com exceção da estação próxima ao canal de drenagem sul da Fazenda Experimental Yakult, que apresentou um valor de $8,3\% \pm 2,8\%$ de carbono orgânico (Tab. 3).

O padrão de distribuição deste parâmetro está relacionado, em sua maioria, com a participação de sedimentos finos e teores de matéria orgânica na porção norte do setor. Nota-se que a porção central e a margem leste apresentam sedimentos mais ricos em carbono orgânico que o restante da área. Com relação às estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult, observou-se um gradiente de distribuição com sedimentos ricos em carbono orgânico no canal de abastecimento ($8,6\% \pm 2,8\%$), passando para sedimentos com menor concentração deste constituinte no canal de drenagem da fazenda ($5,0\% \pm 2,08\%$). Os viveiros de cultivo apresentaram valores entre 2,6% e 3,2%, tal condição pode estar associada ao possível seqüestro deste constituinte pela biomassa fitoplanctônica para a produção

primária durante o período de cultivo e a periódica drenagem dos tanques, quando o substrato dos viveiros fica exposto, facilitando a oxidação do material orgânico.

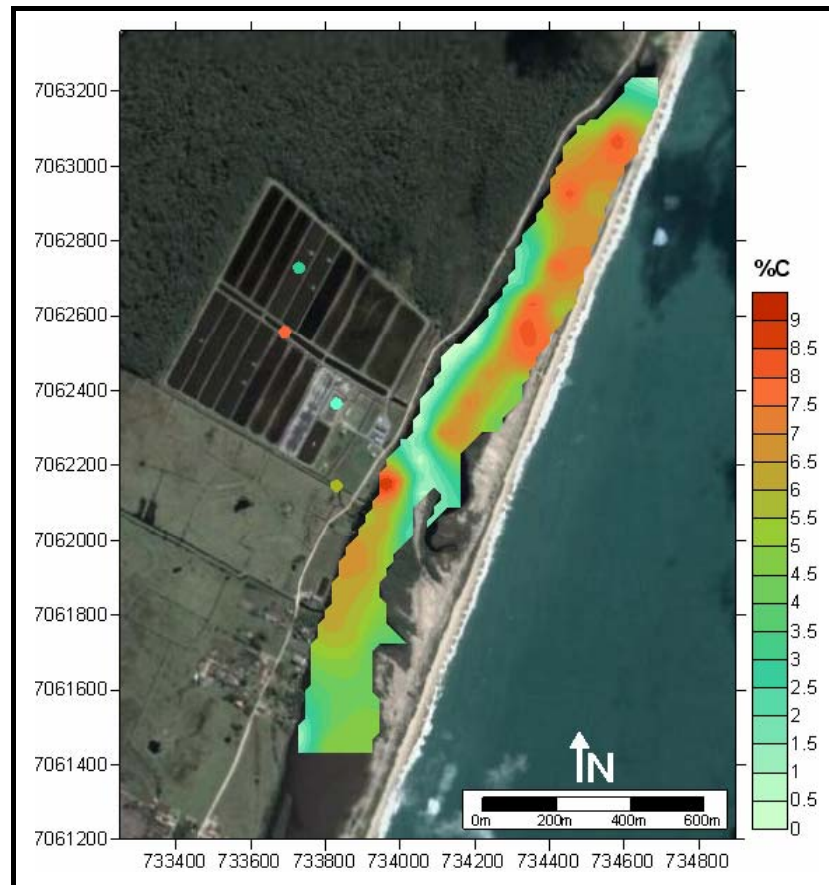


FIGURA 14 – Distribuição espacial dos Teores de Carbono Orgânico (%C) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.

A distribuição de carbono orgânico apresentado por Barcellos (2005) para o Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape foi similar ao encontrado no presente estudo. O autor encontrou baixos valores ($<2,0\%$) associados a sedimentos arenosos, em estações localizadas nas áreas adjacentes às desembocaduras do sistema e no canal principal de circulação marinha, enquanto que os altos valores (valor máximo de $8,16\%$) também estiveram relacionados a baixios, depressões e algumas desembocaduras fluviais. Bonetti (2000), ao estudar o Sistema Estuarino de Santos-São Vicente registrou valores entre $0,23\%$ e $5,45\%$ de carbono orgânico, relacionando as maiores concentrações ao aporte antrópico no sistema. A autora observou valores médios de $12,82\%$ nos manguezais das áreas de entorno, também considerados ambientes enriquecidos.

As concentrações do nitrogênio total estiveram sempre abaixo de 0,5% (Tab. 3). Sedimentos ricos em nitrogênio total foram encontrados ao longo do eixo central lagunar, com o valor máximo registrado de $0,49\% \pm 0,15\%$ na estação 2, localizada na porção extremo norte. Os menores valores observados, em sua maioria, ocorreram na margem continental, em alguns pontos amostrados no extremo sul e também no extremo norte do setor (Fig.15).

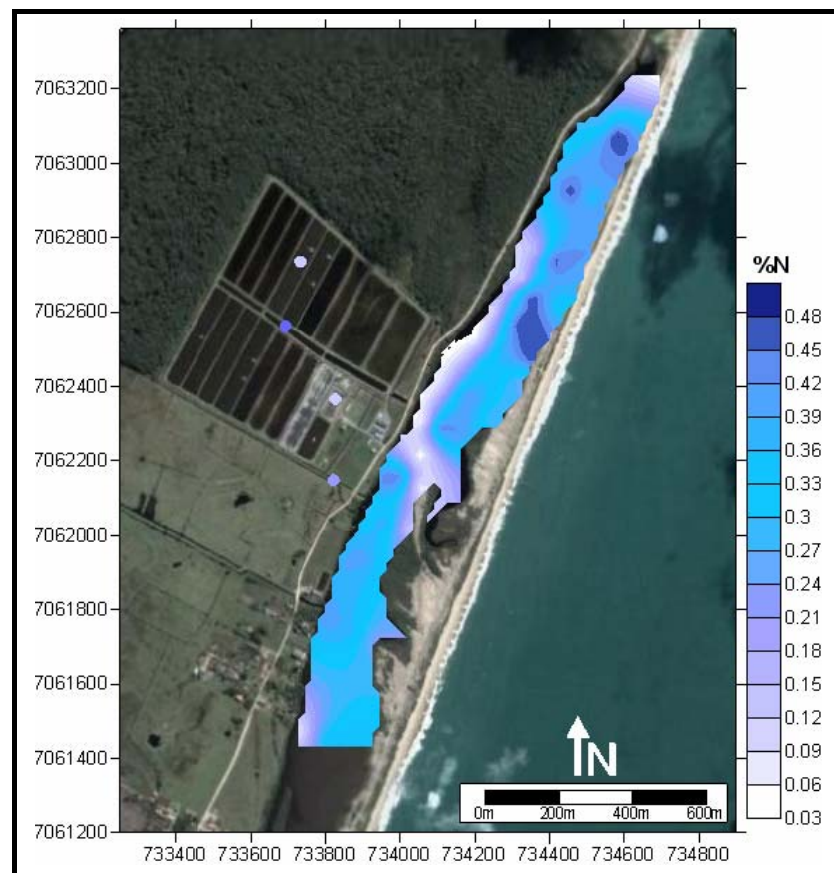


FIGURA 15 – Distribuição espacial dos teores de Nitrogênio Total (%N) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e Fazenda Experimental Yakult.

Nota-se que os maiores teores de nitrogênio total estiveram associados aos elevados teores de carbono e, geralmente, aos sedimentos ricos em argila, revelando um comportamento semelhante ao observado por Barcellos (2005) para o Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. As estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult mostraram baixas concentrações de nitrogênio total, principalmente nos tanques n.18 e n.12 (valores de 0,13% e 0,14%, respectivamente), podendo estar associadas à atividade biológica nos viveiros de

cultivo e também a granulometria de fundo. Esta condição sugere uma tendência de mineralização dos compostos nitrogenados, e conseqüente utilização pela produtividade primária nos viveiros de cultivo. Observou-se que nas estações de coleta próximo às desembocaduras dos canais de drenagem pluvial (estações 33, 36, 39) os valores mostraram-se um pouco maiores.

A contribuição relativa do nitrogênio orgânico e inorgânico pode ser estimada através da relação entre o carbono orgânico e nitrogênio total (RUTTENBERG & GOÑI, 1997; ANDREWS *et al.*, 1998; MAHIQUES *et al.*, 1999).

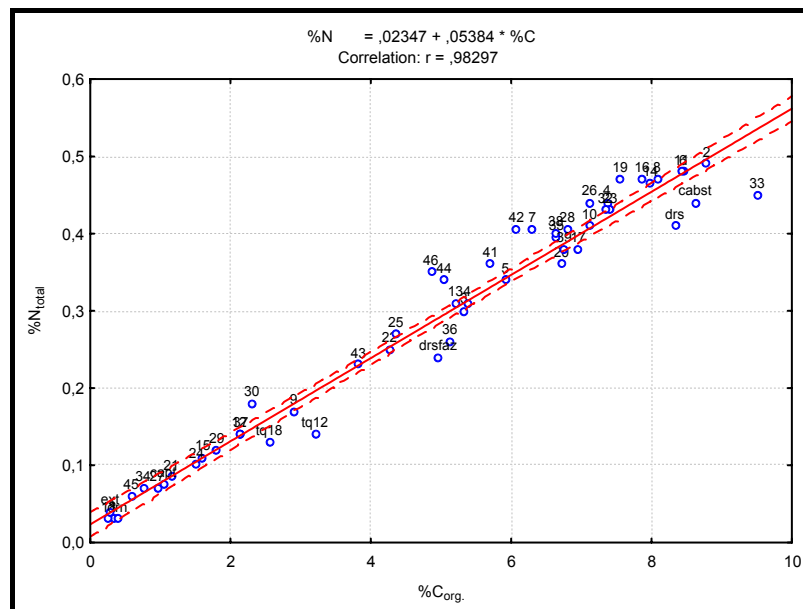


FIGURA 16 – Gráfico representativo da correlação entre os parâmetros de nitrogênio (%N) e carbono (%C) no sedimento do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Nota-se no gráfico acima (Fig. 16), uma boa correlação entre estes parâmetros ($r = 0,98$), sendo encontrado um valor positivo de nitrogênio total quando os valores de $\%C_{org}$ são iguais a zero (na origem do eixo); isto indica que a maior parte do nitrogênio presente no sedimento pode ser de origem inorgânica. Esta informação, segundo Meyers (1997), pode condicionar a razão C:N, uma vez que, baixas razões C:N estão geralmente ligadas à adsorção de nitrogênio inorgânico (normalmente a amônia) no sedimento.

TABELA 3 – Teores de Matéria Orgânica Total (%MO), Carbono (%C), Nitrogênio (%N), Razão C/N e Razão Isotópica do Carbono Estável $\delta C^{13}(C^{13})$ do sedimento lagunar e Fazenda Experimental Yakult.

Estação	%MO	%C	%N	C/N	%C ¹³
1	1,39	0,3	0,03	11,0*	-25,7
2	30,20	8,8	0,49	17,9	-26,0
3	19,34	5,3	0,30	17,8	-26,5
4	22,48	7,4	0,44	16,8	-25,8
5	25,50	5,9	0,34	17,4	-26,2
6	18,70	8,5	0,48	17,6	-26,3
7	19,03	6,3	0,41	15,6	-26,0
8	25,85	8,1	0,47	17,2	-26,3
9	5,50	2,9	0,17	17,1	-26,4
10	20,78	7,1	0,41	17,4	-26,3
11	29,61	8,4	0,48	17,6	-26,3
12	4,01	2,1	0,14	15,2	-26,3
13	15,92	5,2	0,31	16,8	-26,2
14	26,24	8,0	0,47	17,2	-26,3
15	1,82	1,6	0,11	14,6	-26,4
16	25,00	7,9	0,47	16,7	-26,3
17	28,44	7,0	0,38	18,3	-26,3
18	2,31	0,3	0,03	9,0*	-26,6
19	26,67	7,6	0,47	16,1	-26,2
20	21,26	6,7	0,36	18,7	-26,5
21	3,61	1,2	0,09	13,6	-26,4
22	26,59	4,3	0,25	17,1	-26,2
23	25,71	7,4	0,43	17,2	-26,3
24	3,72	1,5	0,10	15,2	-26,6
25	17,31	4,4	0,27	16,1	-26,1
26	26,91	7,1	0,44	16,2	-26,1
27	2,03	1,0	0,07	13,7	-26,4
28	30,48	6,8	0,41	16,8	-26,1
29	9,05	1,8	0,12	15,1	-26,7
30	3,67	2,3	0,18	12,8	-25,8
EXT	2,76	0,3	0,04	7,0*	-25,3
32	27,21	7,4	0,43	17,1	-26,3
33	21,64	9,5	0,45	21,1	-26,4
34	2,23	0,8	0,07	10,9*	-25,8
35	31,70	6,7	0,40	16,8	-26,4
36	17,00	5,1	0,26	19,7	-26,4
37	7,16	2,2	0,14	15,4	-26,7
38	27,01	6,6	0,40	16,6	-26,2
39	19,23	6,8	0,38	17,8	-26,3
40	22,99	5,4	0,31	17,4	-26,3
41	23,98	5,7	0,36	15,9	-26,0
42	24,77	6,1	0,41	15,0	-25,9
43	17,29	3,8	0,23	16,7	-25,9
44	16,53	5,1	0,34	14,9	-25,7
45	2,15	0,6	0,06	9,8*	-24,8
46	27,50	4,9	0,35	13,9	-25,4
capt	3,95	1,1	0,08	14,1	-26,2
drs	23,38	8,3	0,41	20,3	-25,9
dm	1,64	0,4	0,03	13,0*	-26,2
cabst	20,59	8,6	0,44	19,6	-25,4
drsfaz	17,51	5,0	0,24	20,7	-25,8
ta12	16,10	3,2	0,14	22,9	-25,6
tq18	4,96	2,6	0,13	19,7	-21,3
Máximo	31,70	9,5	0,49	22,9	-21,3
Mínimo	1,39	0,3	0,03	7,0	-26,7
Média	16,95	4,9	0,29	16,2	-26,0
Desvio Padrão	10,04	2,8	0,15	3,0	0,8

OBS: (*) INDICA OS VALORES DE C:N OBTIDOS A PARTIR DE CONCENTRAÇÕES DE C E N MUITO BAIXAS (RESSALVA NO SEU SIGNIFICADO)

As extremidades norte e sul e a porção central do setor estudado registraram razões C:N menores, com valores entre 7,0 e 14,0 \pm 3,0 (Fig. 17), associados aos baixos teores de matéria orgânica encontrados nestas estações. Estes resultados, embora possam estar relacionados com os processos diagenéticos (degradação da matéria orgânica) na modificação da razão C:N no sedimento amostrado, devem ser interpretados com ressalvas porque são oriundos de valores muito baixos tanto de carbono como de nitrogênio.

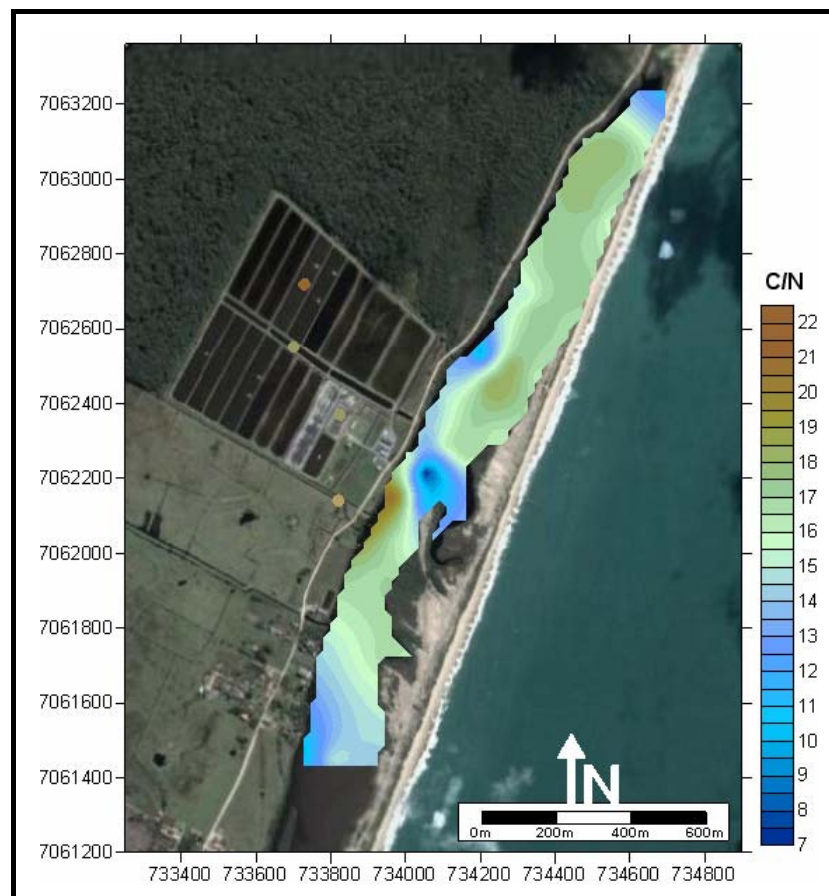


FIGURA 17 – Distribuição espacial dos valores da razão C:N no sedimento do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Vários autores estabeleceram diferentes valores de razão C:N para identificar a origem da matéria orgânica sedimentar. Thornton & McManus (1994) definiram razões C:N entre 9 e 19 como sendo indicadoras de condições mistas de matéria orgânica de origem terrestre e marinha. Meyers (1997) sugeriu uma razão C:N entre 4 e 10 para algas marinhas, enquanto valores maiores que 20 são típicos de plantas terrestres. Da mesma forma, Bonetti (2000) adotou valores inferiores a 6 para

matéria orgânica de origem marinha e valores superiores a 20 como fonte de depósitos predominantemente terrígenos.

A partir destas considerações, distribuiu-se as razões C:N, para a área estudada, em intervalos que variaram de 0-10 (matéria orgânica de origem predominantemente marinha), 10-15 (matéria orgânica de origem mista tendendo a marinha), 15-20 (matéria orgânica de origem mista tendendo a continental) e acima de 20 (matéria orgânica de origem continental). Esta classificação pode ser visualizada na FIGURA 18, onde a razão C:N no sedimento superficial do setor norte refletiu, preferencialmente, uma matéria orgânica de origem mista tendendo a continental.

O Sistema Estuarino de Santos-São Vicente, estudado por Bonetti (2000), apresentou predominância de mistura entre compostos terrígenos e marinhos, com a influência marinha diminuindo em direção ao interior do sistema. Para Eichler (2001), ao avaliar o Canal de Bertioga, as fontes predominantemente terrígenas estiveram presentes na parte interna do sistema e nas áreas sob influência de desembocaduras de rios, encontrando nestas regiões razões C:N superiores a 20. Barcellos (2005), ao estudar a distribuição da matéria orgânica no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, encontrou razões C:N variando de 3,7 a 34,4, sendo que em 77% das estações amostradas houve ocorrência de contribuição mista (razões C:N entre 12-18). Desta forma, os resultados encontrados no Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu condizem aos observados na literatura.

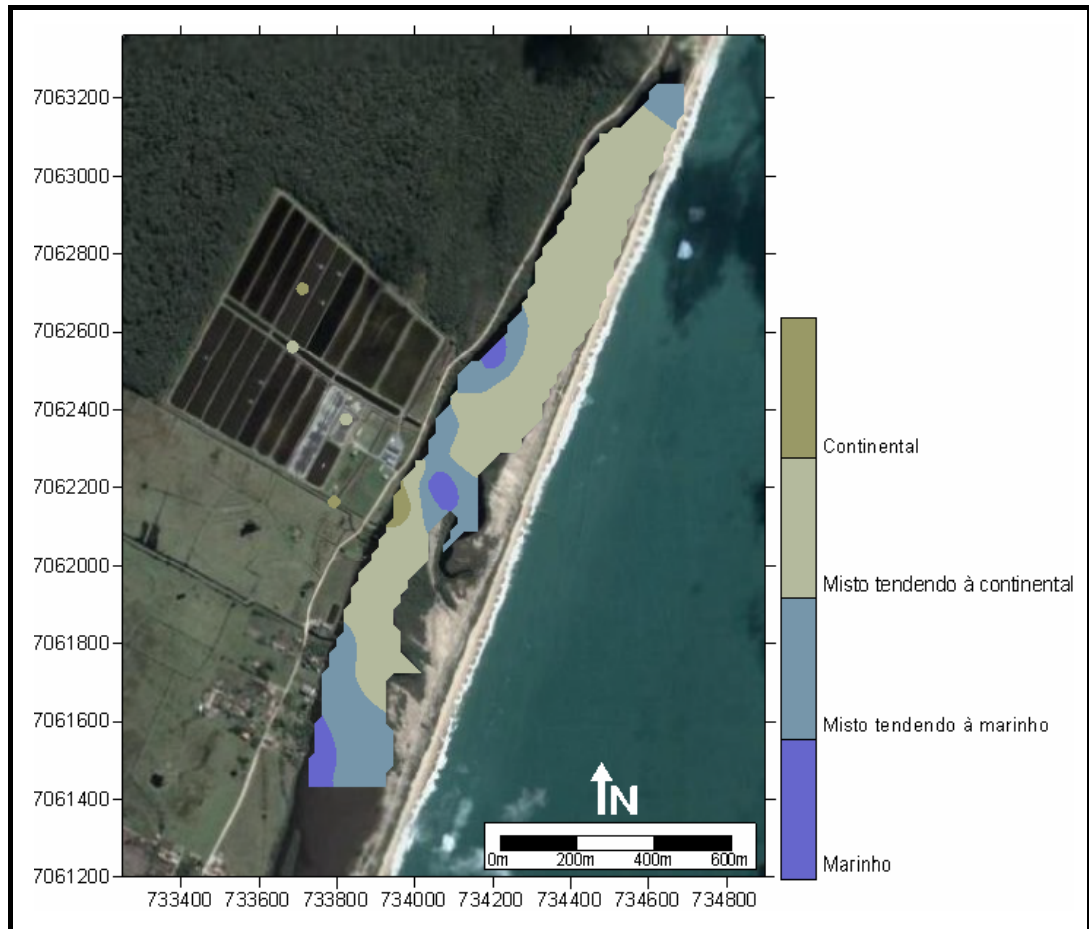


FIGURA 18 – Distribuição espacial da origem da matéria orgânica do sedimento com base nos valores da razão C:N no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

5.2.5 Composição isotópica do carbono estável (δC^{13})

A razão isotópica do carbono estável apresentou valor médio de $-26,0 \text{ ‰} \pm 0,8 \text{ ‰}$ PDB (Tab. 3). Os valores de δC^{13} variaram de $-26,7$ a $-21,0 \text{ ‰}$ PDB, com predominância de teores entre $-26,7$ e $-25,5 \text{ ‰}$ PDB. Pode-se observar que os maiores valores foram registrados nas estações da Fazenda Experimental Yakult, nas extremidades norte e sul do setor e na porção central do eixo lagunar (Fig. 19). Apesar da razão isotópica do carbono estável apresentar baixa variabilidade, nota-se uma tendência de distribuição das assinaturas menores (em aproximadamente 77% das estações amostradas) na porção norte, principalmente na margem continental, onde as contribuições dos canais de drenagem pluvial e a influência da mata de restinga são mais acentuadas que o restante da área amostrada.

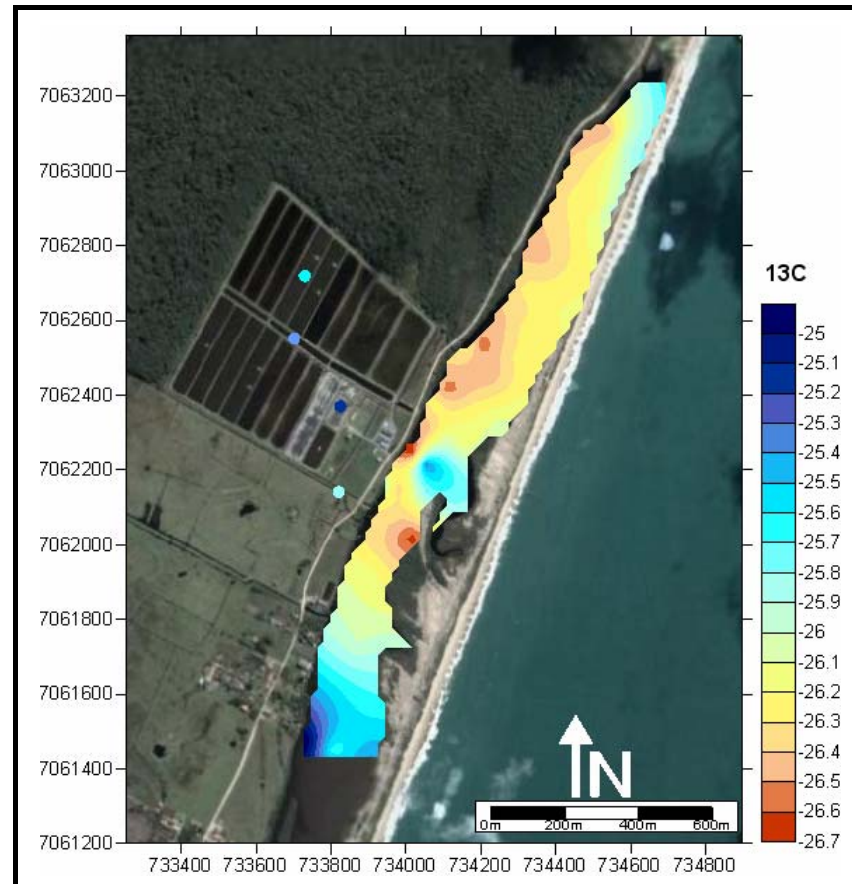


FIGURA 19 – Distribuição espacial dos teores do isótopo de carbono estável (δC^{13} em ‰PDB) no sedimento do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Andrews *et al.* (1998) sugerem que sedimentos com razão C:N inferior a 12 geralmente apresentam um valor de δC^{13} entre -23,8 e -21,0‰, enquanto as razões C:N superiores a 12 apresentam δC^{13} entre -25,2 e -24,0‰. Mahiques *et al.* (1999), assumem valores de razão C:N e δC^{13} de 24 e -26‰, respectivamente, para sedimentos de manguezais e plantas C_3 , e razão C:N próximo a 6 e δC^{13} de -19‰ para fontes marinhas.

A partir dos valores de δC^{13} observados neste trabalho, determinou-se quatro possíveis fontes de matéria orgânica para o setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. Matéria orgânica de origem continental ($\delta C^{13} > -26,5\text{‰PDB}$); matéria orgânica de origem mista tendendo à continental ($\delta C^{13} -26,4\text{‰}$ a -25,8‰PDB); matéria orgânica de origem mista tendendo à marinha ($\delta C^{13} -25,7\text{‰}$ a -25,0‰PDB); e matéria orgânica de origem marinha ($\delta C^{13} < -24,9\text{‰PDB}$)(Fig. 20). Tal condição apresentou uma relativa semelhança ao encontrado por Barcellos

(2005), que identificou três conjuntos de matéria orgânica para o Sistema de Cananéia-Iguape (valores de $\delta C^{13} \approx -27\text{‰PDB}$, para ambientes predominantemente fluviais; $\delta C^{13} \approx -20\text{‰PDB}$, para ambientes sob influência marinha; e $\delta C^{13} \approx -24\text{‰PDB}$ característicos de matéria orgânica de origem mista).

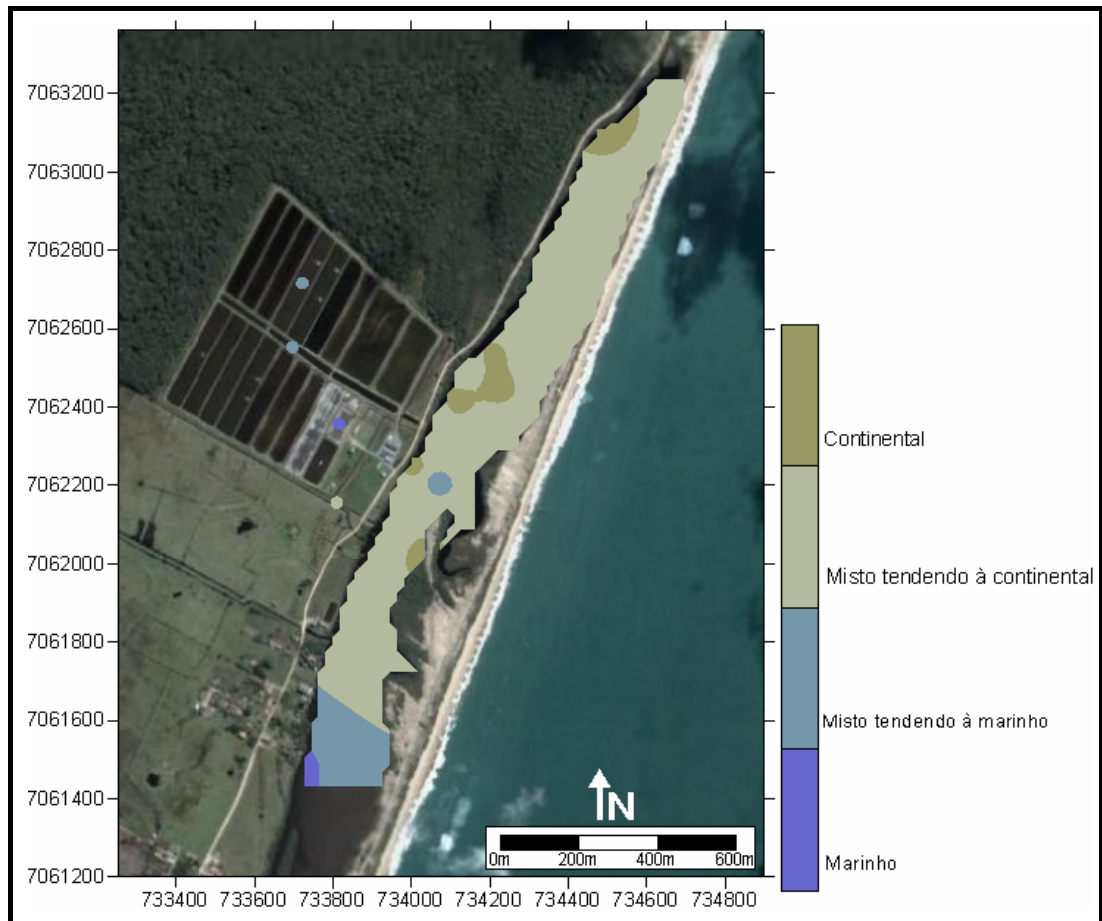


FIGURA 20 - Distribuição espacial da origem da matéria orgânica do sedimento com base nos valores da razão isotópica do carbono estável (δC^{13}) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Considerando as diferentes amplitudes das assinaturas de δC^{13} para plantas terrestres C_3 , plâncton marinho e plantas C_4 mostradas anteriormente (item 2.3.3), nota-se uma influência de plantas terrestre C_3 (plantas superiores) na composição da matéria orgânica em grande parte do sedimento amostrado no corpo lagunar, principalmente nas estações 3, 9, 18, 20, 24, 29, 37. Estas estações apresentaram assinaturas de δC^{13} menores que $-26,4\text{‰PDB}$ e estão localizadas na margem continental da laguna, próximo à área de restinga e também próximo ao pequeno manguezal remanescente.

As estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult não acompanharam esta tendência, já que as assinaturas observadas nos viveiros apresentaram valor médio de -23,4‰PDB. Esta condição pode estar sendo influenciada pela composição orgânica da ração fornecida nos viveiros e pelos excrementos dos camarões de cultivo, ambos apresentam valores maiores que -23‰ PDB (Tab. 4). Estes resultados sugerem que o material orgânico produzido pelo sistema de cultivo e exportado para o corpo lagunar apresenta constituição mais próxima da esperada para o plâncton marinho (entre -18 e -24‰), podendo, neste caso, ser diferenciado do enriquecimento orgânico proveniente da vegetação marginal.

TABELA 4 – Teores de Carbono Orgânico (%C), Nitrogênio Total (%N), Razão C:N e Razão Isotópica do Carbono Estável δC^{13} (^{13}C) nas amostras de ração, excrementos e sedimentos das estações na Fazenda Experimental Yakult.

Amostras	%C	%N	C:N	‰ ^{13}C
ração	41,05	5,89	6,97	-23,78
excrementos	19,72	2,04	9,65	-22,86
tq18	2,56	0,13	19,7	-21,3
tq12	3,21	0,14	22,9	-25,6

De acordo com as características descritas pelo fabricante, a ração é composta por proteína (mín. 35%), extrato etéreo (mín. 7%), fibra (máx. 6%), cinzas (máx. 15%) e cálcio (máx. 3%)(www.purinabrasil.com.br). Segundo Garcia (2004), as proteínas contêm cerca de 50% de carbono e 16% de nitrogênio, sendo que os camarões peneídeos possuem exigência protéica em uma faixa que varia de 28 a 60%. Para formulação das rações, é comum a utilização de ingredientes de origem animal e vegetal, como por exemplo, farinha de peixe e farelo de milho (gramíneas C_4). Os camarões marinhos são, geralmente, ineficientes na transformação do alimento consumido, onde do total da ração fornecida, aproximadamente 15% não é consumida e apenas 17% se convertem em ganho de peso, e 20% em excreção de fezes, o restante é utilizado para manutenção e metabolismo (GOMES, 2004).

A matéria orgânica presente no sedimento dos viveiros pode ser composta por uma mistura de material orgânico de origem planctônica, excrementos de

camarão e alimento não consumido, isto indica uma provável ocorrência de fontes predominantemente marinhas neste ambiente (caracterizadas por valores de δC^{13} entre -23‰ e -6‰, segundo Ruttenberg & Goñi, 1997). Assim, a partir dos dados obtidos, e da condição de distribuição espacial destes compostos orgânicos, considerando a classificação baseada nos valores de δC^{13} como sendo a mais confiável, nota-se uma tendência à incorporação da matéria orgânica proveniente da Fazenda Experimental Yakult pelo sedimento das áreas mais profundas do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

5.3. CONSTITUINTES BIOLÓGICOS

Na área amostrada foram encontradas 17 espécies de foraminíferos bentônicos, pertencentes a 5 subordens: Astrorhizina, Haplophragmiina, Textulariina e Trochamminina (testas aglutinantes), Miliolina (testas porcelanáceas) e Rotaliina (testas hialinas), conforme detalhado no Anexo Taxonômico. A partir da abundância relativa das espécies (Tab. 5), observou-se que as testas hialinas ocorreram em todas as estações analisadas, exceto na estação referente ao canal de drenagem sul na Fazenda Experimental Yakult (drsfaz). Estas espécies estiveram distribuídas preferencialmente ao longo do eixo central lagunar, caracterizado pela maior profundidade e presença de sedimentos finos com elevados teores de matéria orgânica e carbonato total, apresentando também águas de fundo meso-polihalinas (máximo de $23,59 \pm 3,52$ PSU).

A presença de espécies aglutinantes foi registrada nos bancos marginais e nas estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult (Fig. 21). Esta distribuição pode estar associada à instabilidade hidroquímica destas áreas, decorrente da maior influência continental (localizadas próximas a pequenos canais de drenagem pluvial) e dos eventos de abertura das comportas dos viveiros para a despesca dos camarões cultivados (impacto hidrodinâmico e salino). As testas aglutinantes são mais tolerantes as rápidas variações na composição da água e por isso normalmente predominam nos ambientes mixohalinos (BOLTOVSKOV, 1965; MURRAY, 1968; DEBENAY *et al.*, 1996.)

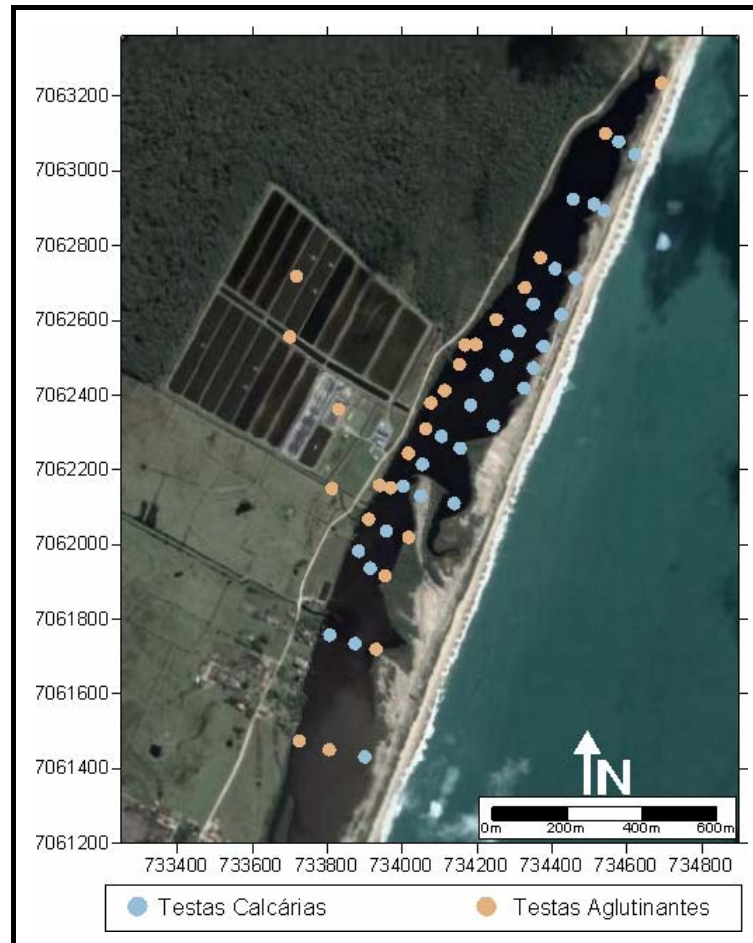


FIGURA 21 - Distribuição da dominância de testas (testas calcárias e testas aglutinantes) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Os porcelanáceos mostraram-se pouco significativos, apresentando abundância relativa inferior e/ou igual a 2% em algumas estações na margem leste do setor amostrado (estações 13, 19, 26, 30) e no extremo sul (estação 46). As abundâncias máximas destas espécies foram registradas nos viveiros de cultivo da Fazenda Experimental Yakult, com valores de 24 e 14% nas estações tq12 e tq18, respectivamente. Geralmente este grupo de foraminíferos ocorre em ambientes com maior taxa de renovação de águas marinhas (ambientes poli-euhalinos) e fluxos mais intensos nos estuários e lagunas.

TABELA 5-Composição faunística e abundância relativa das populações de foraminíferos no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
Hialinos																																																						
<i>Ammonia spp</i>	12	35	11	30	10	43	22	23	3	46	37	3	40	34	10	42	36	13	39	26	8	27	37	8	56	71	8	34	18	22	39	31	5	37	57	0	11	55	39	18	42	53	6	22	32	84	2	3	0	17	1	5	0	
<i>Criboelphidium excavatum</i>	0	1	1	7	3	29	28	2	0	0	22	0	0	0	0	16	1	16	29	1	0	1	1	0	0	0	1	7	0	0	18	0	0	10	2	4	2	0	6	19	0	8	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Criboelphidium gunteri</i>	4	63	21	38	53	27	20	51	2	54	27	1	58	61	1	34	54	0	28	21	2	59	63	0	19	27	1	58	0	48	0	68	0	4	38	0	9	41	21	0	40	28	3	20	10	11	3	1	7	9	0	3	0	
<i>Haynesina spp</i>	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Porcelanáceos																																																						
<i>Quinqueloculina milleti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	24	14	0	0	
Aglutinantes																																																						
<i>Ammobaculites exiguus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2	2	0	0	0	0	0	20	0		
<i>Tiphotroca comprinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Ammotium salsum</i>	59	0	52	17	31	0	19	24	63	0	11	54	0	5	36	0	5	15	0	38	83	12	0	47	0	0	58	0	39	22	32	2	33	25	0	50	55	0	22	43	14	0	51	42	28	0	8	24	10	29	77	59	64	
<i>Arenoparrella mexicana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gaudryina exilis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	7	
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	9	0	5	2	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	2	1	0	9	0	0	8	0	0	2	0	0	0	0	8	5	2	0	46	0	1	10	5	2	6	9	1	5	7	0	3	3	53	19	0	14	2	0	8	
<i>Miliammina spp.</i>	13	0	9	6	2	0	3	0	29	0	3	38	0	0	46	2	0	47	0	6	0	0	0	40	2	0	31	0	35	0	8	0	11	15	0	34	18	0	6	8	1	2	19	13	17	0	34	48	63	3	6	5	21	
<i>Siphonochammina lobata</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Polysacamina ipohalina</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trochammina inflata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
<i>Deuterammina plana</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	3	6	0	1	0	0	0	0	0	4	5	0	3	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	4	2	0	0	8	0	0

=capt	47	50	53
	= tq12	= drsfaz	
= drs	48	51	
	= tq18		
= drn	49	52	
	= cabst		

Bonetti (2000), ao estudar o Sistema Estuarino Santos-São Vicente, encontrou espécies hialina e porcelanáceas distribuída nas Baías de Santos e São Vicente e também no Canal do Porto de Santos, enquanto as espécies aglutinantes mostraram-se abundantes nas estações mais interiores. Jaworski (2001), ao estudar a distribuição de foraminíferos no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, registrou a dominância de hialinos no verão (abundância > 60%), ocorrendo principalmente ao longo do canal principal, e um maior número de espécies aglutinantes no inverno (abundância > 77%), ocorrendo preferencialmente próximo às margens. Segundo a autora, a distribuição dos foraminíferos reflete a influência do aporte fluvial e dos fatores profundidade e salinidade.

No setor estudado, nota-se que a composição faunística encontrada é típica de ambientes marinhos transicionais que apresentam um nível de confinamento moderado a forte, sendo observada também em outros ambientes com características semelhantes (BOLTOVSKOY, 1965; NICHOLS, 1974; COLLINS *et al.*, 1995; BONETTI, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2003; TAKATA *et al.*, 2006). Os gêneros dominantes no corpo lagunar foram *Criboelphidium*, *Ammotium* e *Ammonia*, responsáveis por 27,2%, 25,8% e 25,7% do total de indivíduos triados, respectivamente (Fig. 22).

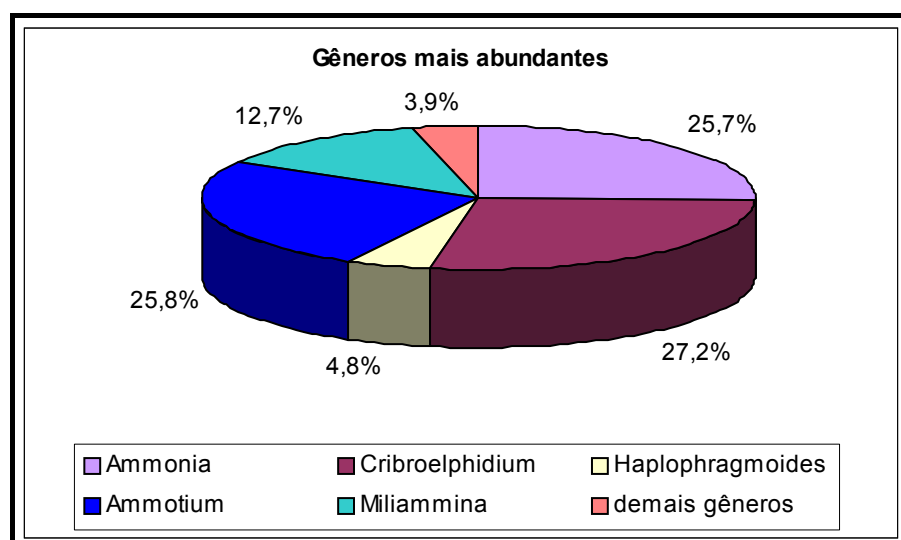


FIGURA 22 – Gráfico demonstrativo dos gêneros de foraminíferos mais abundantes no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar Itapocu.

Os gêneros *Ammonia* e *Criboelphidium* estiveram presentes no canal central do eixo lagunar, sendo *Ammonia spp.* e o *Criboelphidium gunteri* as espécies mais freqüentes, ocorrendo em 94% e 83% das estações amostradas, respectivamente. O gênero *Ammonia* que geralmente ocorre em ambientes eurihalinos, apresentou uma abundância significativa, revelando uma distribuição incomum para um ambiente mesohalino. Sua ocorrência foi maior no eixo central do corpo lagunar (Fig. 24), acompanhando a distribuição do carbonato total (item 5.2.2). Acredita-se que este parâmetro seja o principal fator condicionante para a dominância da *Ammonia spp.* na área de estudo.

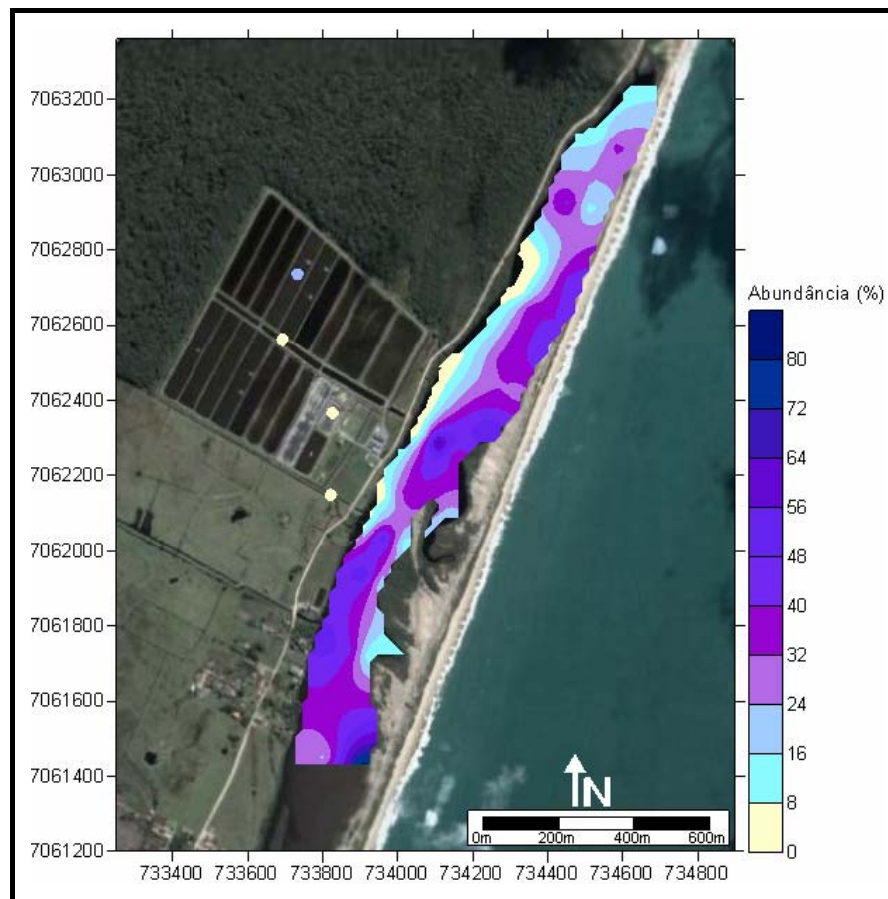


FIGURA 24-Distribuição espacial da abundância do gênero *Ammonia* no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

O gênero *Ammotium*, representado principalmente pela espécie *Ammotium salsum*, esteve presente principalmente nos bancos marginais (áreas mais rasas), ocorrendo em 74% das estações amostradas, predominando nas estações 1, 9, 12 (interior do sistema), estação 27 (em frente à fazenda) e nas estações tq18, cabst e drsfaz (na Fazenda Experimental Yakult) (Fig. 23). Esta distribuição pode estar

associada a maior influência de águas continentais nestas porções do sistema e também a elevadas taxas de ressuspensão ou deposição de sedimentos, uma vez que sua ocorrência tem sido associada a áreas de alta turbidez e instabilidade sedimentológica (SCOTT & MEDIOLI, 1980, *apud* DULEBA *et al.*, 2003).

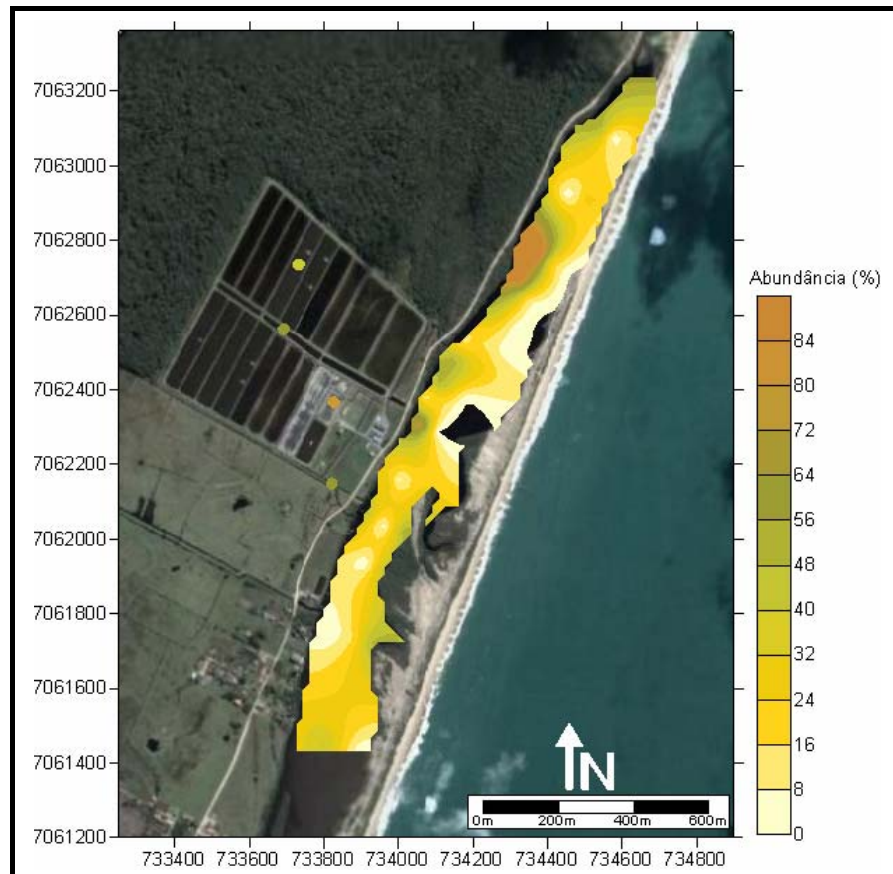


FIGURA 23-Distribuição espacial da abundância relativa da espécie *Ammotium salsum* no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

A dominância de algumas espécies de foraminíferos em ambientes costeiros é determinada pelas condições ambientais (características hidroquímicas e sedimentológicas) do meio em que vivem. Muitos autores utilizam esta importante fonte de informação para caracterizar estes ambientes. O quadro abaixo (Quadro 3), mostra uma comparação do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu com outros ambientes costeiros transicionais citados na literatura, considerando a composição faunística (representada pelas espécies com maior abundância), as características ambientais gerais e os possíveis impactos antrópicos sofridos por estes ambientes.

QUADRO 3—Quadro comparativo entre o setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu e outros ambientes costeiros transicionais citados na literatura, considerando a composição faunística e as características ambientais.

Bibliografia	Ambiente	Espécies abundantes	Características ambientais gerais e impactos antropogênicos
Presente estudo	Setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu (SC)	<i>Ammotium salsum</i> , <i>Ammonia</i> spp., <i>Criboelphidium gunteri</i> , <i>Miliammina</i> spp., <i>Haplophragmoides wilberti</i>	Salinidade média: 18,7 PSU; Prof. média: 1,34 m; %Corg.: 0,3-9,2%; sedimento: areia+silte; não impactado.
Collins et al. (1995)	Baía de Winyah (Carolina do Sul – USA)	<i>Trochammina</i> spp., <i>Ammotium</i> spp., <i>Ammobaculites</i> spp., <i>Elphidium</i> spp., <i>Ammonia</i> spp.	Salinidade média: 15 PSU; Prof. média: 4,2 m; %Corg.: < 20%; sedimento: -; impactado: poluição doméstica
Bonetti (2000)	Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SP)	<i>Ammonia tepida</i> , <i>Criboelphidium gunteri</i> , <i>Pararotalia cananeaensis</i> , <i>Pseudononion atlanticum</i> .	Salinidade média: 27,7 PSU; Prof. média: 5,3 m; %Corg.: 0-5%; sedimento: silte+argila; impactado: poluição doméstica
Jaworski (2001)	Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (PR)	<i>Ammonia tépida</i> , <i>Criboelphidium poyeanum</i> , <i>Ammotium salsum</i> , <i>Arenoparrella mexicana</i> , <i>Miliammina</i> spp.	Salinidade média: 36 PSU; Prof. média: 6,5 m; sedimento: areia+silte; impactado: trânsito de navios de carga e dragagem
Eichler (2001)	Canal de Bertioga (SP)	<i>Elphidium excavatum</i> , <i>Elphidium poyeanum</i> , <i>Ammonia tépida</i> , <i>Pseudononion atlanticum</i> , <i>Pararotalia</i> spp.	Salinidade média: 31 PSU; Prof. média: 5,4 m; %Corg.: 0,1-9,5%; sedimento: areia+silte; impactado: poluição industrial
Oliveira (2004)	Complexo Lagunar Camacho & Garopaba do Sul e Santa Marta (SC)	<i>Ammotium salsum</i> , <i>Miliammina</i> spp.	Salinidade média: 17 PSU; Prof. média: 1,31 m; sedimento: areia+silte; não impactado

Os descritores biológicos como densidade total estimada (em 50cc), riqueza, razão vivos:total, porcentagem de testas calcárias porcelanáceas, porcentagem de testas calcárias hialinas e porcentagem de testas aglutinantes, estão relacionados na TABELA 6.

TABELA 6-Descriores biológicos das espécies de foraminíferos nas estações amostradas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Descriores/estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Densidade total estimada	1391	491	1540	909	757	371	503	360	1860	765	241	3684	667	203	2602	307	420	863	1154	936	3742	684	1390	415	2797	683	6721
Razão vivos:total	0,330	0,145	0,076	0,109	0,216	0,126	0,206	0,200	0,021	0,124	0,440	0,065	0,140	0,155	0,302	0,281	0,248	0,441	0,175	0,264	0,048	0,144	0,194	0,103	0,528	0,143	0,225
Riqueza	7	4	7	8	7	4	9	4	5	2	6	5	4	4	7	6	7	6	5	7	4	6	4	5	10	3	6
%de testas calcarias porcelanáceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0
%de testas aglutinantes	84	0	67	26	34	0	30	24	96	0	14	95	0	5	89	2	5	72	2	51	90	13	0	92	23	0	90
% de testas calcarias hialinas	16	100	34	74	66	100	70	76	4	100	86	5	98	95	11	98	95	28	96	49	10	87	100	8	77	98	10

Descriores/estações	28	29	30	ext	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	capt	drs	drn	tq12	tq18	cabst	drsfaz
Densidade total estimada	399	16695	2284	2200	1140	1654	3469	950	2172	2434	1661	1747	3113	2050	697	4195	1664	85014	561	2528	868	819	1139	1890	2578	1505
Razão vivos:total	0,276	0,190	0,571	0,158	0,108	0,029	0,475	0,442	0,000	0,073	0,211	0,154	0,060	0,157	0,302	0,202	0,096	0,736	0,195	0,353	0,389	0,385	0,410	0,306	0,120	0,000
Riqueza	4	4	7	6	3	7	7	6	5	6	4	6	6	7	8	7	5	9	4	5	6	5	7	5	7	4
% de testas calcarias porcelanáceas	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	24	14	0	0
%de testas aglutinantes	0	82	27	43	2	95	48	1	96	78	3	34	63	17	8	90	58	51	3	95	96	93	50	85	93	100
% de testas calcarias hialinas	100	18	71	58	98	5	52	99	4	22	97	66	37	83	92	10	42	49	95	5	4	7	26	1	7	0

Os valores de riqueza observados para o setor norte indicam um ambiente pouco favorável ao desenvolvimento da maioria das espécies de foraminíferos costeiros, sendo registrados valores inferiores a 5 espécies em aproximadamente metade das estações amostradas. Os valores máximos (entre 8 e 10 espécies) ocorreram principalmente nas estações 4, 7, 25, 42 e 45, localizadas nos extremos norte e sul da área amostrada (Fig. 24).

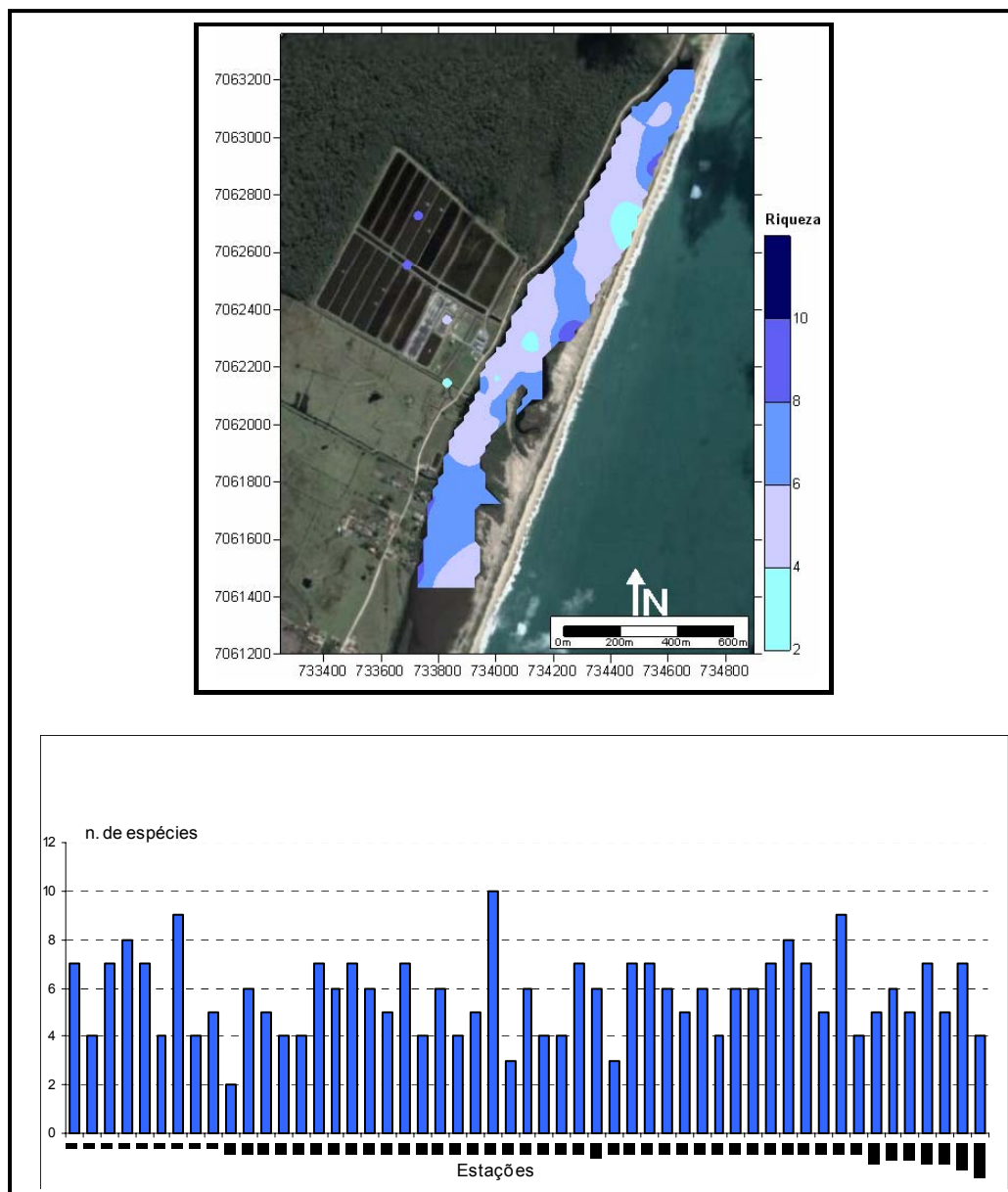


FIGURA 24—Distribuição dos valores de riqueza no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Quanto à densidade faunística, as estações amostradas apresentaram valores entre 200 e 22041 testas/50cc de sedimento, representadas na FIGURA 25, sendo que as estações 29 e 45 apresentaram as maiores densidades (16.695 e 22.041 testas/50cc de sedimento, respectivamente). Nota-se uma tendência de distribuição dos maiores valores nas regiões mais profundas da porção centro/sul do setor, sob menor ação hidrodinâmica, caracterizadas por sedimentos finos e ricos em material orgânico. De acordo com Bonetti (2000), densidades superiores a 3.000 testas/50cc de sedimento em ambientes estuarinos podem ser conseqüências do enriquecimento orgânico, indicando o favorecimento de espécies oportunistas com curtos ciclos de vida (aumentando rapidamente o número de testas depositadas).

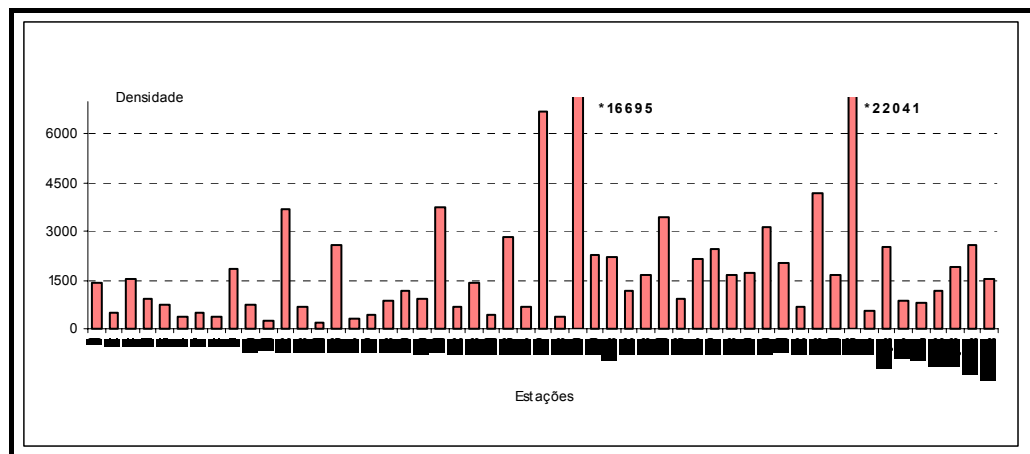


FIGURA 25—Distribuição dos valores de densidade total estimada (testas/50cc de sedimento) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

A contribuição dos espécimes vivos (protoplasma corado pelo corante orgânico Rosa de Bengala) para a composição total das associações estudadas foi estimada através do cálculo da razão vivos:total de testas. Registraram-se valores desta razão inferiores a 0,6 (Fig. 26), sendo que os maiores valores (>0,44) ocorreram nas estações 11, 18, 25, 30, 34 e 35, podendo estar indicando uma instabilidade sedimentológica nestes trechos, acredita-se que este fato seja condicionante de um aumento na taxa de deposição sedimentar, resultando em um rápido soterramento das testas mortas. Nas estações 3, 9, 12, 21, 33, 36, 37, 40 e drsfaz, localizadas na margem continental e na Fazenda Experimental Yakult, foram observados as menores razões vivos:total, (inferiores a 0,07) sugerindo que nestes locais ocorra uma limitação ao desenvolvimento dos foraminíferos.

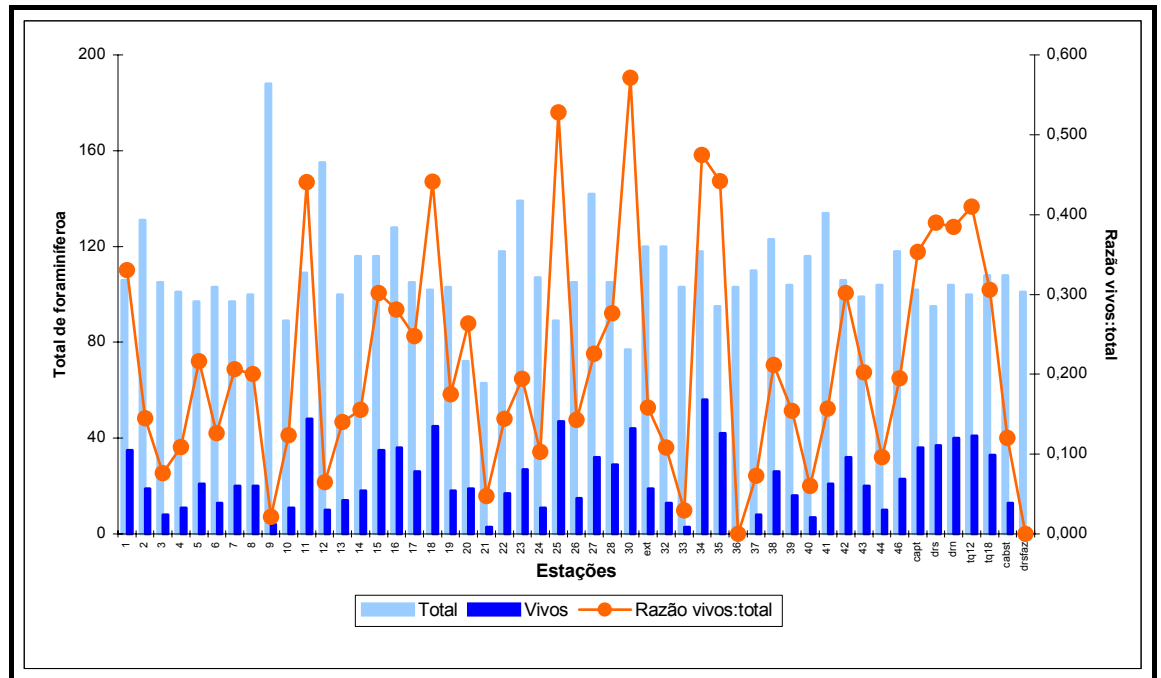


FIGURA 26—Distribuição da razão vivos:total encontrada no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Os índices ecológicos (diversidade de Shannon, dominância de Simpson e equitabilidade de Pielou) estão representados na TABELA 7, o valor médio encontrado para a diversidade foi de $0,50 \pm 0,13$, com os valores máximo e mínimo registrados nas estações 7 e 46 (0,76 e 0,25, respectivamente).

TABELA 7 – Valores dos índices ecológicos no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu (H' = Diversidade de Shannon; D' = Dominância de Simpson; J' = Equitabilidade de Pielou).

Estações	H'	D'	J'	Estações	H'	D'	J'	Estações	H'	D'	J'
1	0,55	0,39	0,65	20	0,64	0,26	0,82	39	0,67	0,25	0,86
2	0,33	0,51	0,54	21	0,28	0,69	0,46	40	0,66	0,26	0,84
3	0,59	0,33	0,70	22	0,44	0,43	0,63	41	0,50	0,36	0,64
4	0,65	0,26	0,77	23	0,31	0,52	0,64	42	0,55	0,36	0,65
5	0,50	0,38	0,65	24	0,48	0,38	0,69	43	0,62	0,32	0,74
6	0,49	0,34	0,81	25	0,61	0,36	0,61	44	0,59	0,28	0,85
7	0,76	0,19	0,80	26	0,29	0,57	0,61	45	0,74	0,22	0,77
8	0,48	0,36	0,80	27	0,44	0,43	0,57	46	0,25	0,72	0,41
9	0,42	0,47	0,60	28	0,40	0,45	0,66	capt	0,47	0,40	0,68
10	0,30	0,50	1,00	29	0,54	0,31	0,90	drs	0,56	0,33	0,72
11	0,63	0,26	0,81	30	0,55	0,33	0,70	drn	0,48	0,43	0,68
12	0,42	0,44	0,59	31	0,59	0,29	0,76	cabst	0,75	0,19	0,89
13	0,33	0,49	0,69	32	0,31	0,54	0,64	drsfaz	0,33	0,61	0,48
14	0,36	0,49	0,74	33	0,58	0,32	0,69	tq12	0,54	0,39	0,69
15	0,55	0,35	0,65	34	0,58	0,23	0,83	tq18	0,44	0,46	0,72
16	0,57	0,31	0,73	35	0,39	0,46	0,55	Máximo	0,76	0,72	1,00
17	0,45	0,42	0,64	36	0,51	0,36	0,73	Mínimo	0,25	0,19	0,41
18	0,63	0,28	0,81	37	0,58	0,35	0,74	Média	0,50	0,39	0,70
19	0,54	0,31	0,77	38	0,35	0,48	0,59	DesPad	0,13	0,12	0,11

A dominância apresentou um valor médio de $0,39 \pm 0,12$, sendo observado o valor máximo de $0,72 \pm 0,12$ na estação 46, localizada no extremo sul da área amostrada. Para o índice de equitabilidade, foram observados valores entre 0,41 e $1,00 \pm 0,11$, com o maior valor registrado na estação 10, próximo a um banco marginal na face leste do corpo lagunar. Os índices ecológicos não apresentaram um padrão de distribuição distinto, porém observou-se picos de dominância e conseqüente diminuição da diversidade nas estações localizadas na porção norte e, em frente à Fazenda Experimental Yakult (estações 2, 9, 10, 12, 13, 14, 21, 23, 32, 35, 38), este fato pode ser reflexo do grau de confinamento e do elevado enriquecimento orgânico em que estas estações encontram-se, favorecendo um maior desenvolvimento das espécies encontradas nestes locais (Fig. 27).

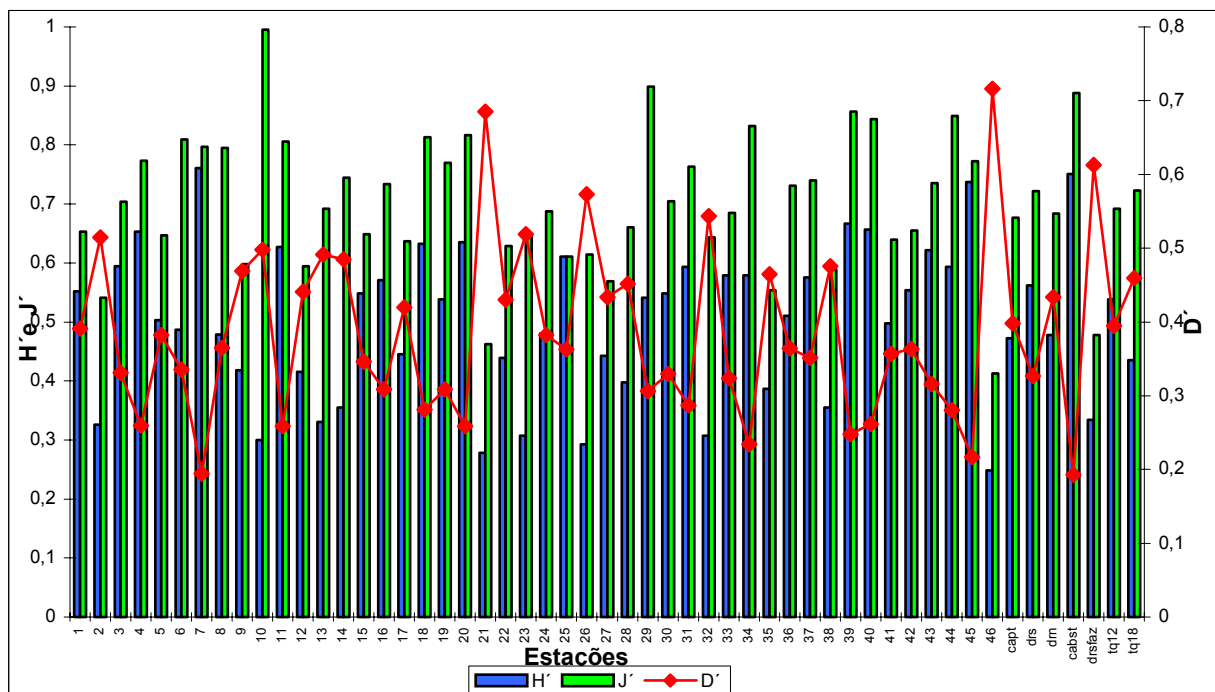


FIGURA 27—Distribuição dos índices ecológicos (diversidade de Shannon, dominância de Simpson e equitabilidade de Pielou) encontrados no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

O índice de equitabilidade apresentou baixos valores, possivelmente em conseqüência do alto nível de confinamento da área amostrada, estes valores foram semelhantes ao encontrado por Jaworski (2001), que relacionou este comportamento ao predomínio de espécies tolerantes às variações ambientais na composição faunística. Bonetti (2000), ao estudar o Sistema Estuarino de Santos-

São Vicente, encontrou nas áreas estuarinas mais rasas, baixos valores de diversidade e equitabilidade (valor médio de $2,1 \pm 0,5$ e $0,8 \pm 0,07$, respectivamente), associando este comportamento a um ambiente sob condição de estresse ambiental restritivo ao desenvolvimento de espécies bentônicas.

A partir de uma análise de agrupamento foi possível identificar 2 associações de espécies no setor estudado, considerando um nível de corte 16 (Fig. 28), definidas em função das semelhanças existentes entre suas distribuições espaciais e nomeadas a partir da espécie mais abundante do grupo. Para esta análise foram consideradas espécies que apresentaram ocorrência em mais de 5 estações e com abundância relativa $\geq 5\%$.

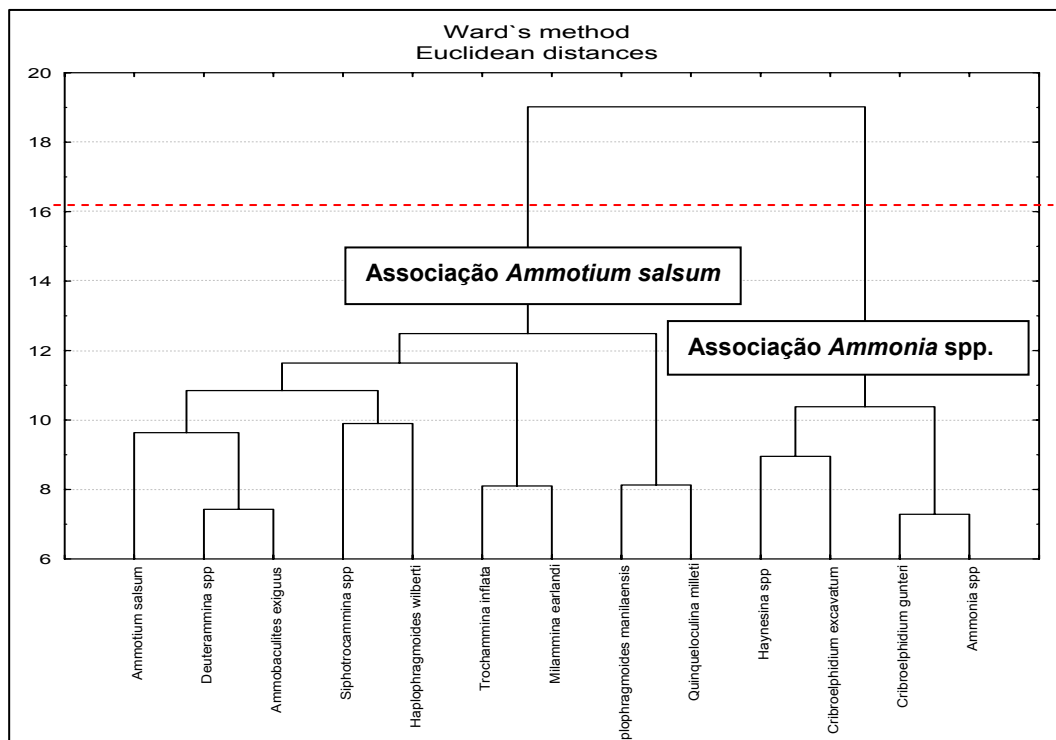


FIGURA 28—Dendrograma (Modo R) mostrando o agrupamento das espécies ocorrentes no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu em 2 associações biológicas.

Associação *Ammotium salsum*: Responsável por 54% da abundância total, composta por 8 espécies aglutinantes e 1 espécie calcária porcelanácea, distribuídas preferencialmente nos bancos marginais do setor norte. Este grupo representa espécies características de áreas sob condições mesohalinas, mais tolerantes à diluição das águas marinhas, dominantes nos locais mais rasos,

podendo estar associadas a algas ou raízes de mangue. Segundo Barbosa (1991), associações com expressiva quantidade de *Ammotium salsum* ocorrem em áreas com elevada turbidez, alto fluxo de matéria orgânica para o sedimento, e baixos teores de carbonato total. A presença de *Quinqueloculina milleti* neste grupo pode estar refletindo áreas com intensa energia hidrodinâmica (estações localizadas próximas e/ou na Fazenda Experimental Yakult). Segundo Debenay *et al.* (1996), os gêneros *Miliammina* e *Ammotium* suportam variações bruscas de salinidade, além de tolerarem a turbidez elevada. Os espécimes *Deuterammina plana.* e *Siphotrochammina sp.* foram também encontrados por Disaró (1995), Bonetti (2000) e Jaworski (2001), que relacionaram a sua ocorrência a áreas mais confinadas, geralmente próximas a manguezais, indicando uma maior tolerância às variações de salinidade e temperatura, e presentes em sedimentos ricos em material orgânico.

Associação *Ammonia* spp.: Responsável por 46% da abundância total, este grupo é composto por 4 espécies calcárias hialinas, distribuídas preferencialmente no eixo central do corpo lagunar, estando relacionadas às maiores profundidades, aos altos teores de carbono orgânico e carbonato total e aos sedimentos finos. Estas espécies foram mencionadas por Setty & Nigam, (1984) e Takata *et al.* (2006) como exemplos de maior tolerância a condições de pouco oxigênio e substratos ricos em carbono orgânico. Eichler (2001) também encontrou uma dominância de foraminíferos calcários hialinos na região estuarina de Bertioga e, segundo a autora, espécies dos gêneros *Ammonia* e *Criboelphidium* podem ocorrer em locais com menor eficiência de renovação de água, apresentando chances moderadas de suporte às alterações ambientais.

A partir da distribuição diferenciada destas duas associações faunísticas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, foi possível determinar o seguinte agrupamento das estações (Fig. 29), considerando nível de corte 16. A distribuição espacial destes grupos pode ser observada na FIGURA 30.

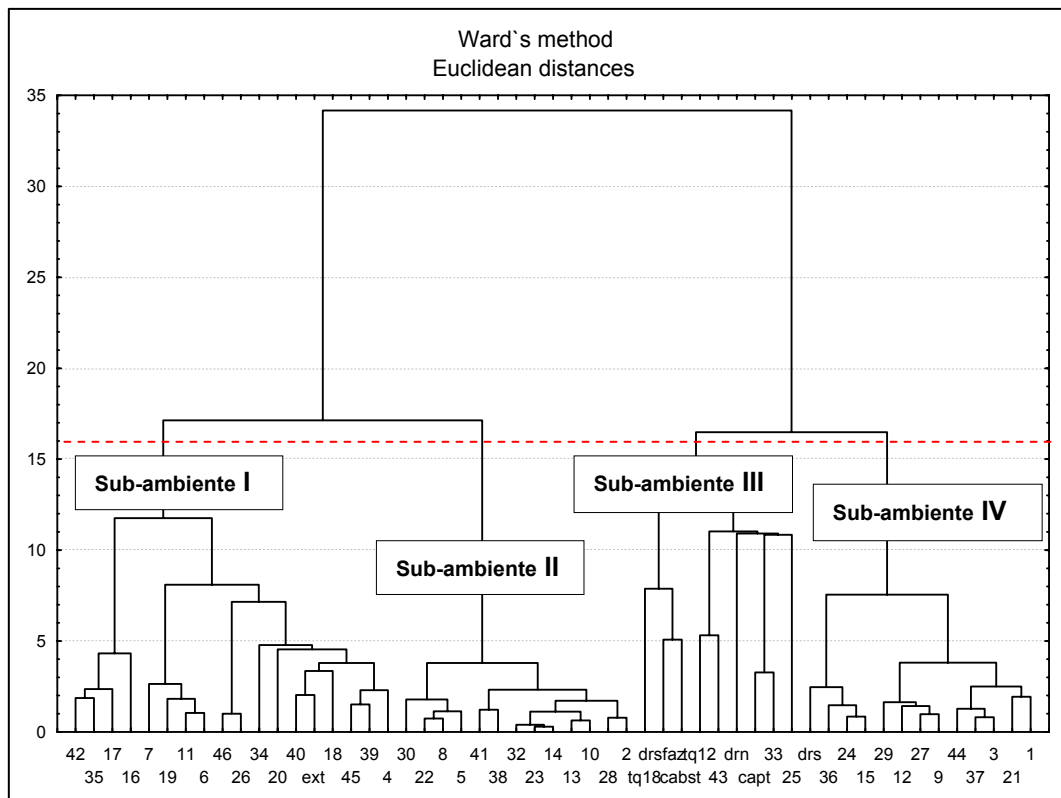


FIGURA 29–Dendrograma (Modo Q) mostrando o agrupamento das estações amostradas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Sub-ambiente I: composto por 17 pontos amostrais, sendo que o maior número das estações encontra-se localizado ao longo do eixo central lagunar. Biologicamente, caracteriza-se pela presença de espécies pertencentes principalmente à Associação *Ammonia* spp., apresentando valores médios de densidade de 6072 ± 20325 testas/50cc, diversidade de $0,554 \pm 0,143$ e riqueza de 6 ± 2 .

Sub-ambiente II: composto por 14 pontos amostrais, localizados em bancos marginais da face leste, e em algumas estações ao longo do eixo lagunar. Este grupo apresenta espécies pertencentes tanto à Associação *Ammotium salsum* quanto à Associação *Ammonia* spp.. Os valores médios encontrados para densidade, diversidade e riqueza foram 971 ± 666 testas/50cc; $0,422 \pm 0,108$ e 5 ± 1 ; respectivamente.

Sub-ambiente III: composto por 9 pontos amostrais, distribuídos preferencialmente na Fazenda Experimental Yakult. Neste grupo estão presentes as

espécies pertencentes à Associação *Ammotium salsum*, onde as espécies *Ammotium salsum* e *Miliammina* spp. tiveram maior representatividade. Este Sub-ambiente apresentou valores médios de densidade de 2181 ± 1082 testas/50cc, diversidade de $0,530 \pm 0,129$ e riqueza de 6 ± 2 .

Sub-ambiente IV: composto por 13 pontos amostrais, localizados na margem continental do corpo lagunar. Nota-se uma maior participação de espécies pertencentes à Associação *Ammotium salsum*, revelando uma semelhança da composição faunística deste com o Sub-ambiente III. Os valores médios de densidade, diversidade e riqueza encontrados foram de 3522 ± 4273 testas/50cc; $0,500 \pm 0,091$ e 5 ± 1 ; respectivamente.

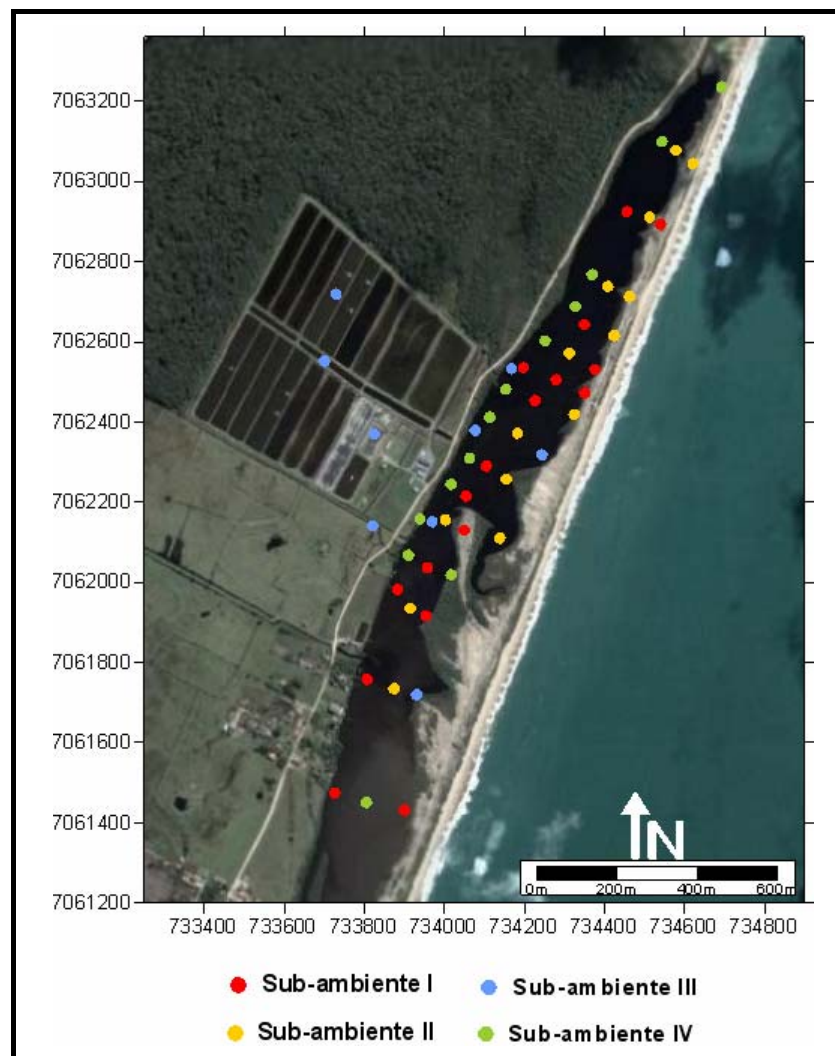


FIGURA 30–Distribuição espacial dos quatro Sub-ambientes encontrados no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

6. INTEGRAÇÃO DOS DADOS

6.1 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON (r)

De modo a estudar as relações espaciais encontradas na área de estudo, os dados foram analisados a partir de correlações entre as variáveis sedimentológicas amostradas simultaneamente ao material biológico. As respostas da comunidade bentônica aos fatores abióticos (matéria orgânica total (%MO), carbonato total (%CT), carbono orgânico (%C), nitrogênio total (%N), razão isotópica do carbono estável (δC^{13}), razão C/N e frações granulométricas) estão representadas na TABELA 8, tendo sido consideradas apenas as espécies que apresentaram ocorrência em mais de 5 estações e com abundância relativa ≥ 5 .

TABELA 8 – Coeficiente de correlação (r) entre as variáveis biológicas e os fatores abióticos no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. (Destacando em azul, vermelho e laranja os valores estatisticamente significativos ($\alpha \leq 0,05$) para as espécies calcárias, aglutinantes e índices ecológicos, respectivamente).

	%MO	%CT	%C	%N	$13C$	C/N	% Areia	% Argila
<i>Ammonia spp</i>	0,53	0,46	0,38	0,49	-0,05	-0,16	-0,57	0,21
<i>Criboelphidium excavatum</i>	0,11	0,14	0,15	0,20	-0,05	-0,21	-0,08	0,19
<i>Criboelphidium gunteri</i>	0,67	0,64	0,57	0,63	-0,16	0,19	-0,65	0,32
<i>Haynesina spp</i>	0,27	0,19	0,24	0,28	-0,05	0,03	-0,27	-0,05
<i>Quinqueloculina milleti</i>	-0,08	-0,07	0,18	0,12	0,13	0,24	0,01	-0,06
<i>Milammina spp.</i>	-0,67	-0,60	-0,59	-0,64	-0,07	-0,25	0,67	-0,33
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-0,04	-0,20	-0,04	-0,12	0,01	0,10	0,16	-0,20
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	-0,07	-0,19	-0,07	-0,11	0,79	0,12	0,20	-0,09
<i>Ammobaculites exiguus</i>	-0,02	-0,15	-0,15	-0,19	0,09	0,25	0,12	-0,11
<i>Ammotium salsum</i>	-0,60	-0,52	-0,50	-0,57	0,13	0,04	0,55	-0,26
<i>Trochammina inflata</i>	-0,15	-0,16	-0,20	-0,22	-0,06	-0,12	0,16	-0,09
<i>Siphotrocammina lobata</i>	0,01	-0,08	0,02	0,02	0,01	-0,01	0,07	-0,05
<i>Deuterammina plana</i>	-0,21	-0,18	-0,15	-0,21	-0,01	0,18	0,25	-0,19
Razão V/T	-0,22	-0,35	-0,19	-0,17	0,02	-0,39	0,26	-0,25
Dominância	0,16	0,07	0,00	0,02	0,02	0,13	-0,20	0,10
Riqueza	-0,19	-0,24	-0,16	-0,17	0,03	-0,13	0,26	-0,28
Densidade	-0,27	-0,27	-0,29	-0,29	0,20	-0,32	0,28	-0,14
Diversidade	-0,23	-0,19	-0,09	-0,12	0,05	-0,14	0,28	-0,19

Nota-se que as espécies de foraminíferos calcários (*Ammonia spp.*, *Criboelphidium excavatum*, *Criboelphidium gunteri*, *Haynesina spp.* e *Quinqueloculina milleti*) correlacionaram-se positivamente com todos os parâmetros abióticos, exceto com a fração arenosa, confirmando uma distribuição preferencial

destes indivíduos em locais que apresentam sedimentos finos (argila). Dentre o conjunto de espécies calcárias hialinas, o *Criboelphidium gunteri* destacou-se pela correlação positiva com parâmetros abióticos como: matéria orgânica total ($r = 0,67$), carbonato total ($r = 0,64$), carbono orgânico ($r = 0,57$), nitrogênio total ($r = 0,63$) e argila ($r = 0,32$). Este resultado corrobora seu uso como indicadores de áreas confinadas, organicamente enriquecidas e sujeitas a hipoxia. A fração arenosa foi o principal fator que condicionou a distribuição dos foraminíferos aglutinantes na área de estudo, evidenciado pela correlação positiva das espécies *Miliammina* spp. e *Ammotium salsum*, que apresentaram $r = 0,67$ e $r = 0,55$, respectivamente.

Os índices ecológicos, em geral, demonstraram correlações negativas com os parâmetros abióticos, sendo que a densidade de testas de foraminíferos mostrou-se correlacionada negativamente com a maioria destes parâmetros, indicando uma condição ambiental pouco favorável para o desenvolvimento destas espécies na área amostrada. Setty & Nigam (1982) observaram que o número de foraminíferos e a diversidade de espécies tendem a modificar-se em consequência de mudanças nas características do sedimento. Assim, uma população de foraminíferos tende a elevar-se em sedimentos muito finos, onde os teores de carbono orgânico são altos, decrescendo à medida que o sedimento torna-se mais arenoso.

Setty & Nigam (1984) ao utilizar foraminíferos bênticos como índices de poluição em ambientes marinhos na costa oeste da Índia, encontraram uma dominância dos gêneros *Ammonia* e *Elphidium* em áreas adjacentes aos ambientes impactados. Segundo os autores, as espécies pertencentes a estes gêneros, além de apresentarem tolerância ao influxo de poluentes, desenvolvem-se bem em ambientes modificados, evidenciado pelas testas grandes, robustas e com muitas câmaras. Deste modo, o aumento no número de foraminíferos está diretamente relacionado à maior contribuição de nutrientes pelos poluentes. Os aglutinantes, como os gêneros *Miliammina*, *Textularia* e *Trochammina*, são pouco tolerantes e mais abundantes em locais onde a toxicidade dos poluentes é minimizada pela diluição, dispersão e distância dos canais de descarga dos efluentes.

Uma matriz de correlação (r) entre as espécies mais abundantes identificadas na área de estudo (*Ammonia* spp., *Criboelphidium gunteri*, *Ammotium salsum* e

Miliammina spp.) e as características granulométricas e geoquímicas do sedimento permitiu avaliar as influências das variações entre os parâmetros estudados (Tab. 9). Para o conjunto de 53 amostras foram considerados significativos valores de r acima de 0.27 (LANDIM, 2000).

O nitrogênio total (%N) foi o descritor que melhor se correlacionou com as demais variáveis, tendo sido encontrado um maior coeficiente de correlação desta propriedade com o teor de carbono orgânico (%C) ($r = 0,98$). Barcellos (2005) encontrou no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP) uma correlação significativa entre os teores de nitrogênio e carbono, em geral, associados aos sedimentos ricos em argila. De acordo com o autor, a forte correlação observada é reflexo da dependência mútua de ambos os elementos aos aportes orgânicos de origem continental e marinho.

A fração arenosa correlacionou-se negativamente com a maioria dos parâmetros geoquímicos, confirmando a tendência de associação dos compostos orgânicos aos sedimentos mais finos. A correlação entre granulometria e teores orgânicos pode ser explicada pelo fator hidrodinâmico (velocidade de decantação semelhante entre os constituintes orgânicos e as partículas de sedimento fino), como também ser reflexo da maior área superficial das partículas finas e da capacidade de adsorção do material orgânico em sua superfície. Nota-se que as porções marginais sob maior influência continental, onde geralmente o fator hidrodinâmico é mais atuante, há o predomínio de sedimentos arenosos.

TABELA 9 – Coeficiente de correlação (r) entre as variáveis biológicas (espécies mais abundantes identificadas) e características granulométricas e geoquímicas no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu. (Os valores estatisticamente significativos ($\alpha \leq 0,05$) encontram-se assinalados em azul).

	<i>Ammonia</i> spp	<i>C. gunteri</i>	<i>M. earlandi</i>	<i>A. salsum</i>	%MO	%CT	%C	%N	13C	C/N	% Areia	% Argila
<i>Ammonia</i> spp	1,00											
<i>C. gunteri</i>	0,51	1,00										
<i>Miliammina</i> spp.	-0,57	-0,60	1,00									
<i>A. salsum</i>	-0,67	-0,63	0,52	1,00								
%MO	0,53	0,67	-0,67	-0,60	1,00							
%CT	0,46	0,64	-0,60	-0,52	0,76	1,00						
%C	0,38	0,57	-0,59	-0,50	0,75	0,81	1,00					
%N	0,49	0,63	-0,64	-0,57	0,79	0,83	0,98	1,00				
13C	-0,05	-0,16	-0,07	0,13	-0,05	-0,19	-0,14	-0,16	1,00			
C/N	-0,16	0,19	-0,25	0,04	0,49	0,51	0,67	0,57	0,03	1,00		
% Areia	-0,57	-0,65	0,67	0,55	-0,85	-0,85	-0,88	-0,90	0,14	-0,54	1,00	
% Argila	0,21	0,32	-0,33	-0,26	0,33	0,45	0,46	0,48	-0,09	0,21	-0,40	1,00

É interessante notar que todas as espécies correlacionaram-se positiva ou negativamente aos descritores de enriquecimento orgânico, mas nenhuma delas mostrou-se influenciada pelos valores da razão C^{13} . Este resultado pode estar sugerindo que as populações de foraminíferos não são seletivas quanto à origem da matéria orgânica (continental ou marinha), respondendo apenas aos seus teores.

Burone *et al.* (2003) ao avaliar a distribuição espacial da matéria orgânica no sedimento da Baía de Ubatuba (SP), encontraram elevados teores de matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio total em locais com predominância de sedimentos siltsos. Os autores também registraram uma correlação significativa entre estes descritores, associando tal resultado aos fatores hidrodinâmicos (regiões sob condições favoráveis à deposição de sedimento). Em termos gerais, os resultados observados no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu foram similares aos valores encontrados por Barcellos (2005) e Burone (*op cit.*), onde os parâmetros geoquímicos (representados pelos teores orgânicos presentes no sedimento) mostraram-se correlacionados positivamente com os sedimentos finos, presentes em locais de baixa energia.

A matéria orgânica total (%MO) mostrou uma correlação direta com *Criboelphidium gunteri* ($r = 0,67$), enquanto as espécies aglutinantes (*Ammotium salsum* e *Milliammina* spp.) revelaram uma correlação moderadamente negativa com o descritor carbonato total (%CT). Muitos autores têm discutido a existência de uma correlação quantitativa e qualitativa entre os teores orgânicos do sedimento e algumas espécies de foraminíferos. De acordo com Setty & Nigam (1982), ao estudar a relação entre o carbono orgânico e os foraminíferos em um ecossistema marinho na costa ocidental da Índia, os gêneros aglutinantes como *Ammobaculites*, *Milliammina*, *Haplophragmoides* e *Textularia* são dominantes em sedimentos com granulometria de tamanho médio e baixos teores orgânicos, enquanto os gêneros calcários *Ammonia*, *Elphidium* e *Pararotalia* encontram-se distribuídos preferencialmente em sedimentos finos. No Golfo de Kutch (Índia), os autores encontraram uma dominância de foraminíferos em substrato argiloso com elevados teores de carbono orgânico (0,39 a 0,52%), revelando uma relação direta dos gêneros *Ammobaculites* e *Ammonia* com o carbono orgânico, enquanto os miliolídeos mostram-se inversamente correlacionados com este descritor.

Bates & Spencer (1979), ao estudar uma região sob influência de um canal de lançamento de efluentes na Baía de Chesapeake – Virgínia, também encontraram espécies dos gêneros *Ammonia* e *Elphidium* associados aos sedimentos ricos em carbono orgânico. Seiglie (1968) constatou que o gênero *Ammonia* tem sido encontrado com abundância em lagunas onde não ocorre uma variação significativa da salinidade e presentes em sedimentos com elevado material orgânico originado de áreas de manguezal. Segundo o mesmo autor, o conteúdo orgânico é geralmente relacionado com o tipo de sedimento, podendo também estar associado aos fatores ecológicos como o decréscimo de concentrações de oxigênio, abundância de nutrientes, condições anaeróbicas e decréscimo do pH. Estes fatores afetam negativamente a maioria das associações de foraminíferos.

6.2 SETORIZAÇÃO DO CORPO LAGUNAR

Com o objetivo de sintetizar o comportamento biosedimentológico da área de estudo, técnicas estatísticas multivariadas foram empregadas para integrar as variáveis biológicas e geoquímicas. Considerando os descritores que melhor se correlacionaram (Tab. 8 do item 6.1), foi aplicado uma Análise de Cluster para agrupar as estações amostrais de acordo com suas características biogeoquímicas e sedimentológicas. O coeficiente de associação entre as estações (matriz Modo Q) foi determinado calculando-se a Distância Euclidiana e representado por um dendrograma construído a partir da estratégia de agrupamento da Variância Mínima. A FIGURA 31 mostra a formação de dois Sub-ambientes (nível de corte 120) no setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

Os descritores utilizados para a análise foram: parâmetros granulométricos (%Areia e %Argila), parâmetros geoquímicos (%MO, %CT, %C, %N,), parâmetros biológicos (densidade, riqueza e abundância relativa das espécies *Ammonia* spp., *Criboelphidium gunteri*, *Ammotium salsum* e *Milliammina* spp.). A fim de minimizar os problemas decorrentes de escalas distintas, os dados foram padronizados e normalizados (transformados em log base 10).

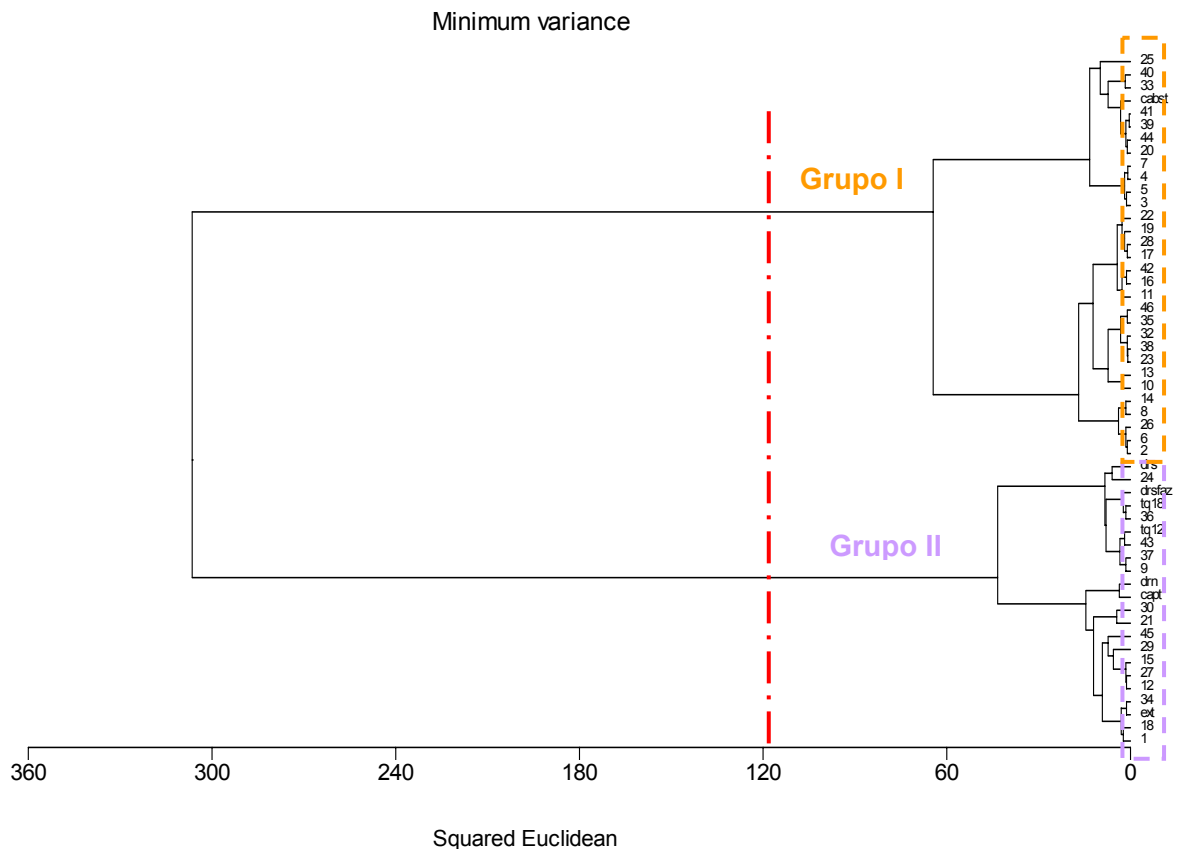


FIGURA 31 – Dendrograma gerado pela análise de Cluster (Modo Q) mostrando a compartimentação ecológica em 2 grupos.

Nesta proposta de agrupamento, o setor norte apresentou dois ambientes distintos:

Grupo I – Canal Lagunar: estações localizadas ao longo do eixo longitudinal;

Grupo II – Bancos Marginais: estações localizadas na Fazenda Experimental Yakult e na margem continental da área estudada.

A individualização do setor norte nestes dois Sub-ambientes pode ser interpretada através das variáveis responsáveis pelo agrupamento, discutidas com auxílio da Análise das Componentes Principais (Fig. 32). Para a realização desta análise utilizou-se a mesma matriz de dados normalizada e padronizada da Análise de Cluster.

No modelo de ordenação da PCA, a primeira e segunda componentes explicaram 71% da variação dos dados, sendo que 60,2% podem ser explicados somente pela primeira componente. Nota-se que as características geoquímicas do sedimento, principalmente os teores de carbono orgânico e nitrogênio total, foram responsáveis pela formação do Grupo I. Este grupo também se diferenciou devido à ocorrência de espécies calcárias (*Criboelphidium gunteri* e *Ammonia* spp.), que apresentaram correlação negativa com os descritores riqueza e densidade, indicando que o enriquecimento orgânico neste Sub-ambiente é um fator estressante para a comunidade bentônica. Percebe-se também que a fração arenosa foi o principal descritor que influenciou a formação do Grupo II, nestas estações a ocorrência de espécies aglutinantes como *Ammotium salsum* e *Millammina* spp. foi significativa, confirmando uma preferência destes organismos por áreas mais arenosas e com menor teor orgânico.

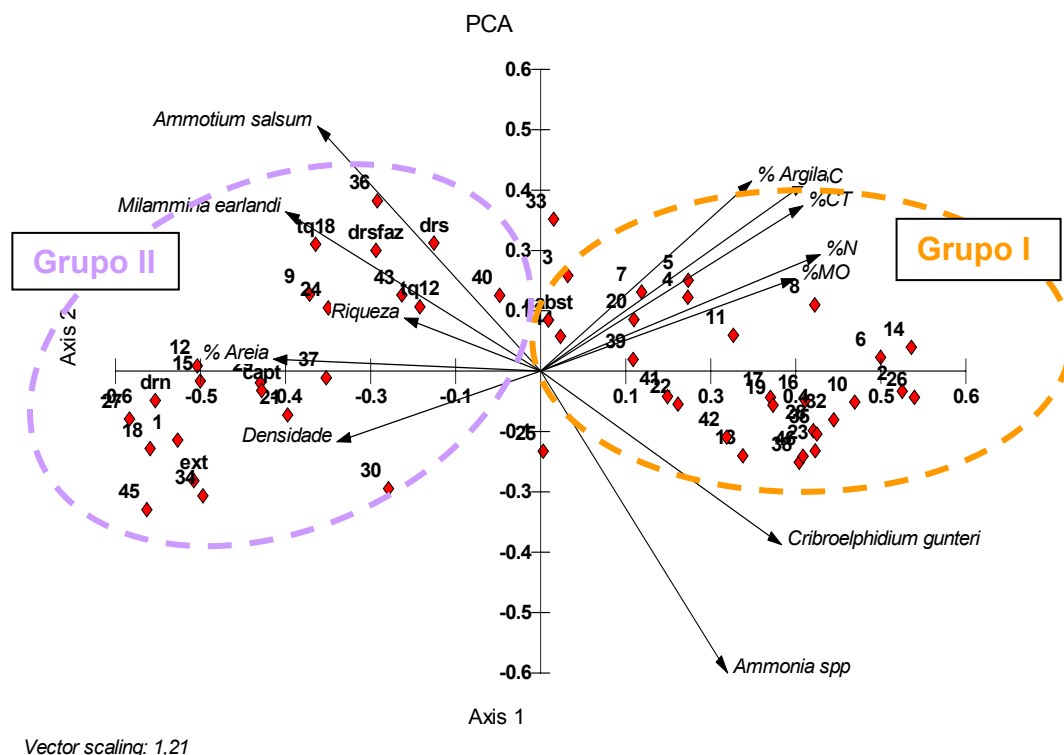


FIGURA 32–Gráfico de Vetores referentes à Análise das Componentes Principais.

6.3 SÍNTESE AMBIENTAL DOS SUB-AMBIENTES

Canal Lagunar: compreende as estações dispostas ao longo de um canal mais profundo no eixo central do corpo lagunar, apresentando salinidade média na camada de superfície e fundo de $11,69 \pm 1,99$ PSU e $19,68 \pm 2,82$ PSU, respectivamente. Caracteriza-se pela baixa ação hidrodinâmica, sendo um importante local de deposição de sedimento finos neste trecho lagunar. Geoquimicamente este Sub-ambiente é caracterizado pelos altos teores orgânicos nos sedimentos, com valores médios de carbono, razão C:N e razão isotópica do carbono estável (δC^{13}) de $6,8\% \pm 1,4\%$; $17,0 \pm 1,4$ e $-26,1\% \pm 0,3\%$ PDB. Acredita-se que a presença de sedimentos finos e elevados teores orgânicos e carbonáticos no sedimento estejam condicionando a dominância de testas calcárias como a *Ammonia* spp. e o *Criboelphidium gunteri* nesta região. Segundo Bonetti *et al.* (2004) estudos recentes têm demonstrado que estas espécies são dominantes em sedimentos com baixos valores de oxigênio, sendo indicadora de áreas com circulação restrita e/ou organicamente enriquecidas.

Bancos Marginais: compreende as estações localizadas nas áreas rasas, sobretudo da margem continental, e as estações amostrais da Fazenda Experimental Yakult. Este Sub-ambiente apresenta salinidade média da camada de superfície e fundo de $10,81 \pm 2,82$ PSU e $16,96 \pm 4,08$ PSU, respectivamente. Caracteriza-se por um substrato com importante contribuição de sedimentos arenosos e teor médio de carbono orgânico de $2,2 \pm 2,0$; valores médios da razão C:N e razão isotópica do carbono estável (δC^{13}) de $14,9 \pm 4,1$ e $-25,9\% \pm 1,0\%$ PDB. Biologicamente diferencia-se pelo maior número de testas aglutinantes (*Ammotium salsum* e *Milliammina* spp.), que podem estar refletindo maior influência de águas com características continentais nesta porção.

Esta proposta de setorização do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu em dois Sub-ambientes está representada espacialmente na FIGURA 33.

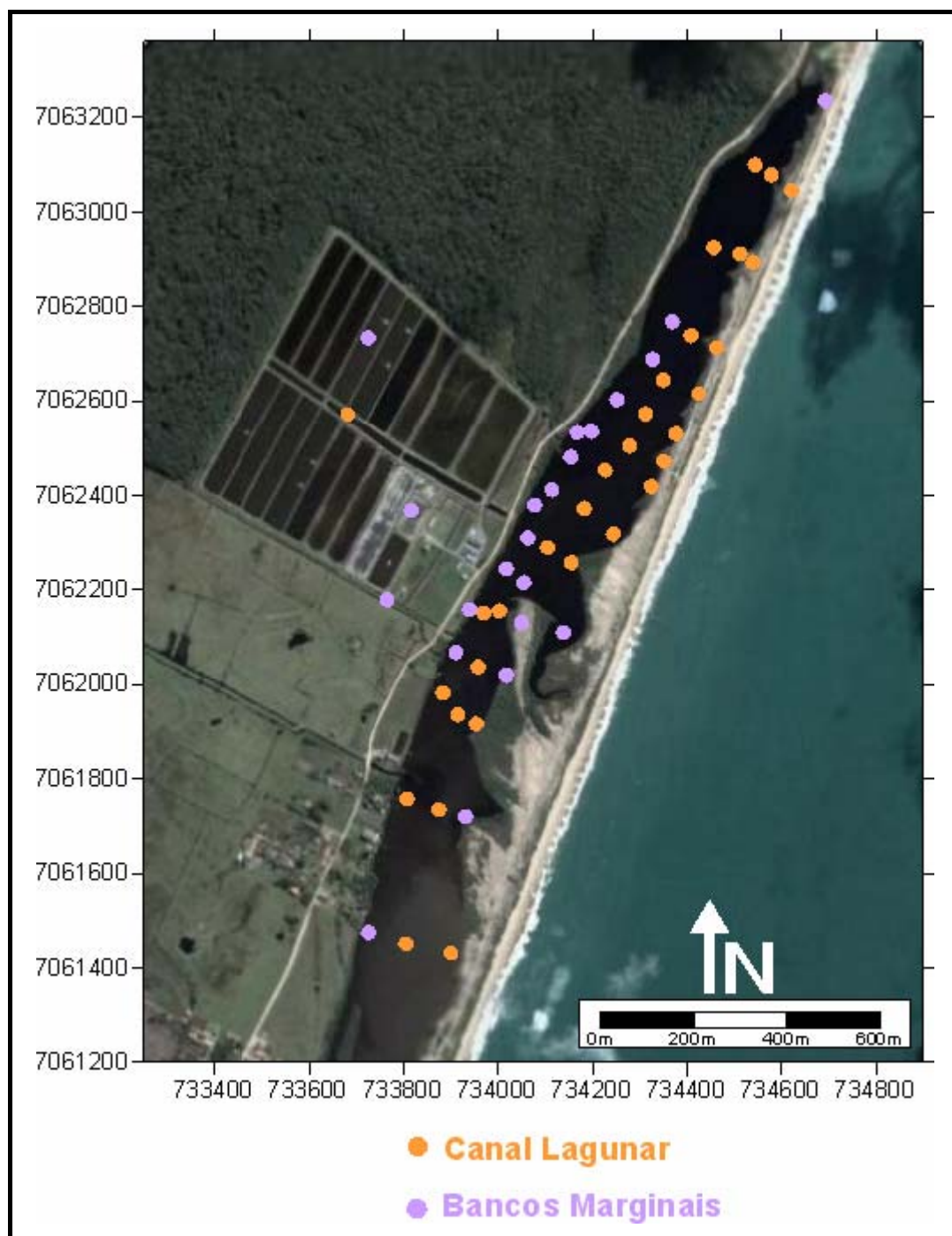


FIGURA 33 – Proposta de setorização em dois Sub-ambientes baseada em aspectos biosedimentológicos e geoquímicos do setor norte do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu.

7. CONCLUSÕES

O setor estudado é composto basicamente por substrato arenoso e siltoso. Os sedimentos finos encontram-se distribuídos ao longo do eixo central de maior profundidade, enquanto as frações arenosas estão presentes na margem continental e porção extremo sul. Este padrão de distribuição está diretamente relacionado ao fator hidrodinâmico, uma vez que a porção central está mais protegida da ação dos ventos, tornando-se local preferencial de deposição de finos. Na margem continental, a hidrodinâmica tende a ser maior devido aos eventos sazonais de abertura das comportas dos viveiros da fazenda de crescimento de camarões marinhos (Fazenda Experimental Yakult), à presença de canais de drenagem pluvial oriundos da mata de restinga que deságuam neste trecho e à ação de ondas geradas pelo vento.

Os teores de carbonato total presentes no sedimento encontram-se elevados, principalmente na margem leste da porção norte do setor. Este resultado, comparado com trabalhos anteriores, sugere um enriquecimento de compostos carbonáticos no sedimento ao longo do tempo, provavelmente por fontes externas. Acredita-se que a Fazenda Experimental Yakult possa representar uma fonte de contribuição externa de cálcio no corpo lagunar devido à utilização freqüente de compostos como a cal virgem, calcário dolomítico, nitrato de cálcio e óxido de cálcio no manejo dos viveiros. É importante ressaltar, porém, que esta hipótese deve ser estudada com maiores detalhes em trabalhos futuros, recomendando, para isto, a análise de testemunhos no sedimento da Fazenda Experimental Yakult e da área de entorno.

Quanto aos teores de compostos orgânicos, a área de estudo é um ambiente enriquecido, notando-se a ocorrência de maiores teores orgânicos associados às áreas mais profundas e aos substratos compostos por sedimentos finos. A distribuição da matéria orgânica, e mais especificamente do carbono orgânico, indica que a principal área de deposição é a porção central do setor, observando-se também uma tendência de distribuição crescente no sentido sul - norte. Nota-se que a margem leste do corpo lagunar diferencia-se da margem oeste (continental) por

apresentar sedimentos ricos em carbono orgânico, associados à maior participação de sedimentos finos. As concentrações do nitrogênio total foram inferiores a 0,5%, sendo que os maiores valores ocorreram preferencialmente ao longo do eixo central lagunar, acompanhando a distribuição dos teores de carbono orgânico. Uma correlação entre estes dois parâmetros revelou a maior participação de formas inorgânicas na composição do nitrogênio total presente no sedimento.

A partir dos valores da razão C:N e δC^{13} observados neste trabalho, foi possível identificar o predomínio de fontes de matéria orgânica de origem continental e mista tendendo a continental. Embora a razão isotópica do carbono estável apresente baixa variabilidade, nota-se uma tendência de distribuição das assinaturas menores na porção norte, principalmente na margem continental, sendo possível assim identificar onde as contribuições dos canais de drenagem pluvial e a influência da mata de restinga são mais acentuadas. Nas áreas de maior profundidade, valores ligeiramente mais altos de C^{13} sugerem um aumento na participação das fontes mistas. Neste caso, é provável que estas áreas estejam recebendo também compostos orgânicos de origem marinha, ainda que em proporção insuficiente para mudar a sua assinatura predominantemente continental. Entre estas possíveis fontes encontram-se o plâncton marinho e o material orgânico proveniente da Fazenda Experimental Yakult.

Foram encontradas 17 espécies de foraminíferos bentônicos no setor norte, distribuídas em duas associações ecológicas. A associação *Ammonia* spp., representada por testas calcárias, ocorreu preferencialmente ao longo do eixo central lagunar, onde foram encontrados sedimentos siltosos ricos em compostos orgânicos. A associação *Ammotium salsum*, composta principalmente por espécies aglutinantes, foi encontrada nos bancos marginais e nas estações amostradas na Fazenda Experimental Yakult. Este grupo representa espécies características de áreas sob condições mesohalinas, mais tolerantes à diluição das águas marinhas e maiores valores de turbidez.

A integração das características sedimentológicas e geoquímicas do sedimento, juntamente com a composição faunística identificada na área de estudo permitiu distinguir dois Sub-ambientes. O primeiro, denominado Canal Lagunar,

reuniu as estações localizadas preferencialmente ao longo do eixo central do corpo lagunar. Caracteriza-se por apresentar baixa ação hidrodinâmica, constituindo um importante local de deposição de sedimento finos com elevados teores orgânicos. A dominância de espécies calcárias como a *Ammonia* spp. e *Criboelphidium gunteri* sugerem condição de hipoxia. O segundo Sub-ambiente, identificado como Bancos Marginais, compreende áreas localizadas nos bancos rasos da margem continental e estações da Fazenda Experimental Yakult. Caracteriza-se por um substrato com importante contribuição de sedimentos arenosos e baixos teores orgânicos, apresentando uma composição faunística formada basicamente por espécies aglutinantes como o *Ammotium salsum* e a *Milliammina* spp..

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, J. E. G.; GREENSWAY A. M. & DENNIS, P. F. 1998. Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary: Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica. **Estuary, Coastal and Shelf Science**. 46: 743-756.
- ANGEL, D. L.; VERGHESE, S.; LEE, J. J.; SALEH, A. M.; ZUBER, D.; LINDELL, D.; SYMONS, A. 2000. Impact of a net cage fish farm on the distribution of benthic foraminifera in the northern Gulf of Eilat (Aqaba, Red Sea). **Journal of Foraminifera Research**, v.3, n.1, p. 54-65.
- BARBOSA, C. F. 1991. **Caracterização biosedimentológica quantitativa do Sistema Estuário-Manguezal da Baía de Guaratuba, PR**. Instituto de Geociências, São Paulo. Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. 107pp.
- BARBOSA, C. F. & SEOANE, J. C. S. 2004. Micropaleontologia de Foraminíferos do Quaternário. *In*: ESKINAZI-LEÇA, E., NEUMANN-LEITÃO, S., E COSTA, M. F. (Eds.). (Org.). **Oceanografia, Um Cenário Tropical**. Recife, PE: Bagaço, p. 87-107.
- BARCELLOS, R. L. 2005. **Distribuição da matéria orgânica sedimentar e o processo sedimentar atual no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP)**. Instituto Oceanográfico. São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado 2v.
- BARDACH, J. E. 1997. **Sustainable Aquaculture**. John Wiley & Sons, New York, 252p.
- BARNES, R. S. K. 1980. **Coastal lagoons**. Cambridge Studies in Modern Biology, 1st edn. Cambridge: Cambridge University Press.

BATES, J. M., SPENCER, R. S. 1979. Modification of foraminiferal trends by Chesapeake-Elizabeth sewage outfall, Virginia Beach, Virginia. **Journal of Foraminiferal Research**, v.9, n.2, p. 125-140.

BELTRAME, E. 2003. **Seleção de sítios e planejamento da atividade de cultivo de camarões marinhos com base em geotecnologias**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. Tese de Doutorado. 166p + Anexos.

BEVERIDGE, M. C. M.; PHILLIPS, M. J.; MACINTOSH, D. J. 1997. Aquaculture and the environment: the supply of and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. **Aquaculture Research** 28:797-807.

BIRD, E. 2000. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. Chichester: Wiley, 322p.

BOLTOVSKOY, E. 1965. **Los Foraminiferos Recientes**. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina. 509pp.

BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. 1976. **Recent Foraminifera**. W. Junk, the Hague, 515p.

BONETTI, C. 2000. **Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SP-Brasil)**. Instituto Oceanográfico. São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado: 229p. + anexos.

BONETTI, C.; BONETTI FILHO, J.; BELTRAME, E. 2004. "The influence of natural and anthropogenic agents in the determination of sedimentary environments at Itapocu estuarine-lagoonal system, Santa Catarina, Brazil." **Journal of Coastal Research** (SI 39).

BONETTI FILHO, J. 1995. **Transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades da Barra de Cananéia – SP**. Instituto Oceanográfico. São Paulo, Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, v1 e v2.

BONETTI FILHO, J. B., E.; FRANKLIN-SILVA, L.; TORRONTÉGUY, M. & MARINO, M. V 2000. Estratégias para a avaliação da qualidade da água costeira com vista à implantação de fazendas de cultivo de camarão. Exemplo aplicado ao Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu, SC. **XI Simpósio Brasileiro de aquicultura (SIMBRAQ 2000), Florianópolis, Brasil. , Anais.**

BOUILLON, S.; RAMAN, A. V.; DAUBY, P. & DEHAIRSI, F. 2002. Carbon and nitrogen stable isotope ratios of subtidal benthic invertebrates in an estuarine mangrove ecosystem (Andhra Pradesh, India). **Estuarine, Coastal and shelf Science**. 54: 901-913.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. 1998. **Pond aquaculture water quality management**. Kluwer Academic Publishers. Boston. 720 pp.

BRUNE, D. E.; TOMASSO, J. R. 1991. **Aquaculture and water quality**. The word Aquaculture Society, Advances in Word Aquaculture. V3.

BURONE, L. M., P.; PIRES-VANIN, A. M. S.; RODRIGUES, M. 2003. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil), **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. V.75, n.1.

BÚSSOLO JR., G.; FARACO, K.R.; LEAL, P.C.; MARINO, M.V.; BONETTI, C.; BONETTI FILHO, J. 2000. Aspectos Sedimentológicos do Sistema Estuarino-Lagunar do Itapocu, SC. **BOLETIM DE RESUMOS DA XIII SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, Itajaí(SC).**

CARPENTER, E. J. & CAPONE D. J. 1983. Nitrogen in the marine environment. Stony Brook. **Marine Sciences Research Center**, 900 pp.

CAVALCANTI, L.B. 2003. **Variações das condições hidrológicas e da clorofila a associadas ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), na região estuarina do rio Paraíba do Norte (Paraíba – Brasil).** Recife. Tese de Doutorado 148 pp.

CEARRETA, A.; IRABIEN, M. J.; LEORRI, E.; YUSTA, I.; CROUDACE, I. W.; CUNDY, A. B. 2000. Recent anthropogenic impacts on the Bilbao Estuary, northern Spain: geochemical and microfaunal evidence. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 50,571-592.

COIMBRA, A. M.; GÓES., A. M.; YAMAMOTO, J. K. 1991. Análise granulométrica de sedimentos. *In: Apontamentos de sedimentologia*. Universidade de São Paulo.

COLLINS, E. S.; SCOTT, D. B.; GAYES, P. T.; MEDIOLI, F. 1995. "Foraminifera in Winyah Bay and North Inlet Marshes, South Calorina: relationship to local pollution sources". **The Journal of Foraminiferal Research** 25(3): 212-223.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira. Resolução n.312, de 10 de outubro de 2002. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm . Acesso em: 22 maio 2006.

COOPER, J. A. G. 1994. Lagoon and Microtidal Coastal. *In: CARTER, R. W. G. and WOODROFFE, C. D. (Ed), Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*. Cambridge University Press, Cambridge, p 219-265.

DEBENAY, J.P.; PAWLOWSKI, J.; DECROUEZ, D. 1996. **Les Foraminifères Actuales**. Masson, Paris. 329pp.

DISARÓ, S. T. 1995. **Associações de foraminíferos da Baía das Laranjeiras, complexo estuarino da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil.** Departamento de Ciências Biológicas, Paraná. Universidade federal do Paraná. Dissertação de Mestrado. 76p. + anexos.

DULEBA, W.; PETRI, S.; COIMBRA, J. C. 2003. **Foraminíferos, tecamebas e ostracodes sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil**. São Paulo, Geologia USP-Publicação especial, 25 pp.

EICHLER, P. P. B. 2001. **Avaliação e diagnóstico do canal de Bertioga (São Paulo, Brasil) através da utilização de foraminíferos como indicadores ambientais**. Instituto Oceanográfico. São Paulo. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 240pp.

FAIRBRIDGE, R. W. 1968. Estuary. *In*: Fairbridge, R. W. (Ed.). **The encyclopedia of geomorphology**. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Vol. III. Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Stroudsburg, p. 325-330.

FAO, **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. 1999. **Papers presented at the BANGKOK FAO** Consultation on policies for sustainable shrimp culture. Bangkok, Thailand, 8-11 December 1997. FAO Fish Rep/Inf. Pesca (572) suppl/supl 266 pp.

FRAGA, A. C. 2002. **Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes gerados pela atividade de carcinicultura marinha, em duas fazendas do Estado de Santa Catarina – Brasil**. Departamento de Aqüicultura. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado.

GARCIA, A.S. 2004. **Princípios da nutrição de organismos aquáticos**. *In*: **ARANA, L. V. Fundamentos de aqüicultura**. Ed. da UFSC, Florianópolis, p. 249-268.

GESLIN, E. 1999. **Impact des stress environnementaux sur les peuplements, la morphologie et la texture des foraminifères paléozoïques: Implications pour leur utilisation comme bioindicateurs**. Université D'Angers, U.F.R. Sciences. France. Thèse pour obtenir le grade de docteur. 206pp + Annexes.

GOMES, S. Z. 2004. **Nutrição e alimentação de peixes e crustáceos**. In: POLI, C. R.; POLI, A. T. B; ANDREATTA, E.; BELTRAME, E. **Aqüicultura: experiências brasileiras**. Ed. Multitarefa Ltda., Florianópolis, p. 121-144.

GROSS, M. G. 1971. Carbon determination. *In*: CARVER, R.E. (Ed) **Procedures in Sedimentary Petrology**. Wiley Interscience, New York, p. 49-94.

HASLETT, S. 2000. **Coastal systems**. Routledge Introductions to environmental series. Routledge, 220 pp.

ISLA, F.I.; Coastal Lagoons. *In*: PERILLO, G.M.E. (Ed) **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**. Elsevier Science, 1995, p 241 – 267.

JAWORSKI, K. S. 2001. **Distribuição de foraminíferos e tecamebas no complexo estuarino da Baía de Paranaguá, Estado do Paraná**. Departamento de Geologia, Paraná. Universidade Federal do Paraná. Dissertação de Mestrado. 96p. + anexos.

KJERFVE, B. 1994. **Coastal lagoon processes**. Elsevier oceanography series, 60. Amsterdam: Elsevier, 577 pp.

LANDIM, P.M.B. 2000. **Análise Estatística de Dados Geológicos Multivariados. Textos Didáticos 3**. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 120p.

MACINTOSH, D. J. 1994. Aquaculture in coastal lagoons. *In*: B. Kjerfve (ed.), **Coastal Lagoon Processes**. Elsevier Science, Amsterdam: 401–436.

MAHIQUES, M. M.; MISHIMA, Y. & RODRIGUES, M. 1999. "Characteristics of the sedimentary organic matter on the inner and middle continental shelf between Guanabara Bay and São Francisco do Sul, southeastern Brazilian margin." **Continental Shelf Research** 19: 775-798.

McINTOSH, D.; FITSZIMMONS, K. 2002. Characterization of effluent from an inland, low-salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation. **Aquacultural Engineering** 27: 147 – 156.

MEYERS, P. A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanography, paleolimnologic and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**. 27: 213-250.

MURRAY, J. W. 1968. Living Foraminifers of lagoons and Estuaries. **Micropaleontology**, 14(4). 435-455.

NICHOLS, M.M., 1974. Foraminifera in estuarine classification. *In*: H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahan (Editors), **Coastal ecological systems of the United States**, p. 85–103.

OLIVEIRA, D. A. G. 2004. **Caracterização bio-sedimentológica e proposta de setorização das lagoas de Camacho & Garopaba do Sul e Santa Marta, Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. 98pp + Anexos.

PETTERSON, R. T. 1990. Interdital benthic foraminiferal biofacies on the Fraser River Delta, British Columbia: modern distribution and paleoecological importance. **Micropaleontology**, 36(3): 226-244.

PETTIJOHN, F. J. 1975. **Sedimentary Rocks**. New York, Harper and Row Publishers, 3 ed. 628 pp.

PORTO-FILHO, E. 1993. **Sedimentometria e Algumas Considerações sobre a Biogeoquímica dos Sedimentos de Fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação. Departamento de Geociências. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PHLEGER, F. B. 1969. Some general features of coastal lagoons. *In*: A. AYALA-CASTAÑARES & F. B. PHLEGER (Ed.), **Lagoas costeras, un simposio, Mem, Simp, Inter, Lagoas Costeras**. México, UNAM-UNESCO. pg. 5-26.

READING, H. G. & COLLINSON, J. D. 1996. "Clastic Coast In: Reading, H. G. (ed) Sedimentary Environments: Processes, facies and stratigraphy. ." **Blackwell Science** 3 ed. pg. 154-231.

RODRIGUES, A. R.; EICHLER, P. P. B.; EICHLER, B. B. 2003. Utilização de foraminíferos no monitoramento do Canal de Bertioga (SP, Brasil). **Atlântica, Rio Grande**, 25(1):35-51.

RUTTEMBERG, K. C. & GOÑI, M. A. 1997. Phosphorus distribution, C:N:P ratios and δC^{13} in Arctic Temperate and tropical coastal sediments: Tolls for characterizing bulk sedimentary organic matter. **Marine Geology**. 139: 123-145.

SCHAFER, C. T.; WINTERS, G. V.; SCOTT, D. B.; POCKLINGTON, P.; COLE, F. E.; HONIG, C. 1995. "Survey of living foraminifera and polychaete populations at some Canadian aquaculture sites: potential for impact mapping and monitoring." **Journal of Foraminifera Research** 25(3): 236-259.

SCHETTINI, C. A. F.; CARVALHO, J. B. L. 1998. **Hidrodinâmica e distribuição de sedimentos em suspensão dos estuários dos rios Itapocu, Tijucas e Camboriú**, Notas Técnicas da Facimar.

SCOTT, D. B.; SCHAFER, C. T.; HONIG, C.; YOUNGER, D. C. 1995. "Temporal variations of benthic foraminiferal assemblages under or near aquaculture operations: documentation of impact history." **The Journal of Foraminiferal Research** 25(3): 224-235.

SEIGLIE, G. A. 1968. "Foraminiferal assemblages as indicators of high organic carbon content in sediments and of polluted waters". **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin** 52(11): 2231-2241.

SETTY, M. G. A. P. & NIGAM, R. 1982. "Foraminiferal assemblages & organic carbon relationship in benthic marine ecosystem of Western Indian Continental Shelf". **Indian Journal of Marine Sciences** vol.11, 225-232pp.

_____. 1984. "Benthic foraminifera as pollution indices in the marine environmental of West Coast of Índia". **Riv. It. Paleont. Strat.** 89(3): 421-436.

SUGUIO, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. Ed. Edgard Blucher, Edusp, São Paulo, 317 pp.

TAKATA, H.; TAKAYASU, K.; HASEGAWA, S. 2006. "Foraminifera in an organic-rich, brackish-water lagoon, Lake Saroma, Hokkaido, Japan". **The Journal of Foraminiferal Research** 36(1):15-33.

THORNTON, S. F. & McMANUS, J. 1994. Application of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratio as source indicators of organic matter provenance in estuarine systems: evidence from the Tay Estuary, Scotland. **Coast Shelf Science**. 38: 219-233.

TORIGOI, R. H. 2001. **Avaliação do efeito de três densidades de estocagem de *Litopenaeus vannamei* (Boonne, 19931) sobre os índices de produção e qualidade dos efluentes**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, Dissertação de Mestrado. 94p.

ANEXO TAXONÔMICO

Reino PROTISTA

Subreino PROTOZOOA

Filo SARCOMASTIGOPHORA

Subfilo SARCODINA

Superclasse RHIZOPODA

Classe GRANULORETICULOSA

ORDEM FORAMINIFERA

Subordem ROTALIINA Delage & Hérourad, 1896

SUPERFAMÍLIA ROTALINACEA (Ehrenberg, 1839)

Família ROTALIIDAE (Ehrenberg, 1839)

Subfamília AMMONINAE (Saidova, 1981)

Gênero Ammonia Brünnich, 1772

Ammonia tépida (Cushman, 1986) e

Ammonia parkinsoniana (d'Orbigny, 1839)

Família ELPHIDIIDAE (Galloway, 1923)

Subfamília ELPHIDIINAE (Galloway, 1933)

Gênero Elphidium de Montfort, 1808

Criboelphidium gunteri = *Elphidium gunteri* (Cole, 1931)

Criboelphidium excavatum (Terquem, 1875)

SUPERFAMÍLIA NONIONACEA (Schultze, 1854)

Família NONIONIDAE (Schultze, 1854)

Subfamília NONIONINAE (Schultze, 1854)

Gênero Haynesina Banner & Culver, 1978

Haynesina germanica (Ehrenberg, 1840)

e *Haynesina depresula* (Walker & Jacob, 1789)

Subordem MILIOLINA Delage & Hérourad, 1896

SUPERFAMÍLIA CORNUSPIRACEA (Schultze, 1854)

Família CORNUSPIRIDAE (Schultze, 1854)

Subfamília CORNUSPIRINAE (Schultze, 1854)

Gênero Quinqueloculina d'Orbigny, 1826

Quinqueloculina milleti (Wiesner, 1898)

Subordem HAPLOPHRAGMIINA Wedekind, 1937

SUPERFAMÍLIA AMMOSDICACEA (Reuss, 1862)

Família LITUOLIDAE de Blainville, 1827

Subfamília AMMOMARGINULININAE (Podobina, 1978)

Gênero Ammobaculites Cushman, 1910

Ammobaculites exiguus (Cushman & Brönnimann, 1948)

Gênero Ammotium Loeblich & Tappan, 1953

Ammotium salsum (Cushman & Brönnimann, 1948)

SUPERFAMÍLIA LITUOLACEA de Blainville, 1827

Família HAPLOPHRAGMOIDIDAE (Maync, 1952)

Gênero Haplophragmoides Cushman, 1910

Haplophragmoides wilberti (Andersen, 1910)

Haplophragmoides manilaensis (Andersen, 1910)

SUPERFAMÍLIA RZEHAKINACEA

(Cushman, 1933)

Família RZEHAKINIDAE (Cushman, 1933)

Gênero Miliammina Heron-Allen & Earland, 1930

Miliammina earlandi (Loeblich & Tappan, 1955)

Miliammina fusca (Brady, 1870)

Subordem ASTRORHIZINA Jivorec, 1953

SUPERFAMÍLIA ASTRORHIZACEA

(Brady, 1881)

Família POLYSACCAMMINIDAE

(Loeblich & Tappan, 1984)

Gênero Polysaccammina Scott, 1976

Polysaccammina ipohalina (Scott, 1976)

Subordem TROCHAMMINA Brönnimann & Whittaker, 1988

SUPERFAMÍLIA TROCHAMMINACEA

(Schwager, 1877)

Família TROCHAMMINIDAE (Schwager, 1877)

Subfamília TROCHAMMININAE

(Schwager, 1877)

Gênero Trochammina Parker & Jones, 1859

Trochammina inflata (Montagu, 1808)

Subfamília ROTALIAMMININAE

(Saidova, 1981)

Gênero Siphotrochammina Saunders, 1957

Siphotrochammina lobata (Saunders, 1957)

Gênero Tiphotrocha Saundres, 1957

Tiphotrocha comprimata (Cushman & Brönnimann, 1948)

Subfamília ARENOPARELLINAE

(Saidova, 1981)

Gênero Arenoparrella Andersen, 1951

Arenoparrella mexicana (Kornefeld)

Andersen, 1951

Subfamília POLYSTOMAMMININAE (Brönnimann & Beurlen, 1977)

Gênero Deuterammina Brönnimann, 1976

Deuterammina plana (Brönnimann & Zaninetti)

Subordem TEXTULARIINA Delage & Hérouard, 1896

SUPERFAMÍLIA TEXTULARIACEA

(Ehrenberg, 1838)

Família TEXTULARIIDAE (Ehrenberg, 1838)

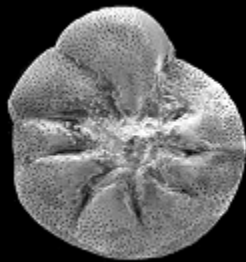
Subfamília TEXTULARIINAE

(Ehrenberg, 1838)

Gênero Textularia Defrance *in de* Blainville, 1824

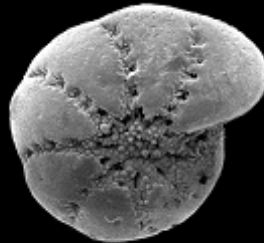
Textularia earlandi (Parker, 1952)

PRANCHAS



100 µm

Foto 1-*Ammonia parkinsoniana*



100 µm

Foto 2-*Cribroelphidium excavatum*



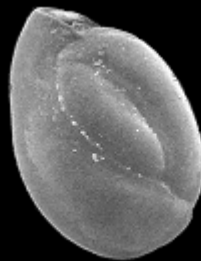
100 µm

Foto 3-*Cribroelphidium gunteri*



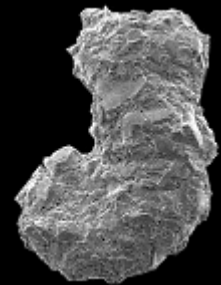
50 µm

Foto 4-*Haynesina* spp.



100 µm

Foto 5-*Quinqueloculina milleti*



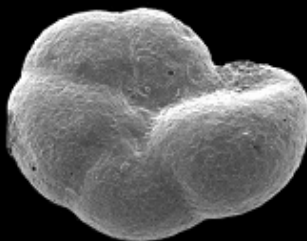
100 µm

Foto 6-*Ammobaculites exiguus*



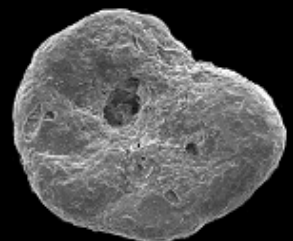
200 µm

Foto 7-*Ammotium salsum*



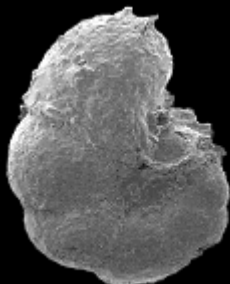
100 µm

Foto 8-*Arenoparrella mexicana*



50 µm

Foto 9-*Deuterammina plana*



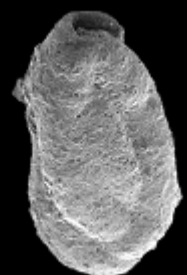
100 µm

Foto 10-*Haplophragmoides manilaensis*



100 µm

Foto 11-*Haplophragmoides wilberti*



100 µm

Foto 12-*Miliammina fusca*



Foto 13-*Miliammina earlandi*

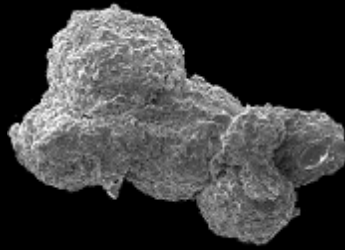


Foto 14-*Polysaccamina ipohalina*

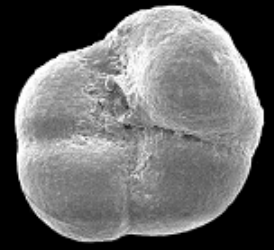


Foto 15-*Siphotrochammina lobata*



Foto 16-*Textularia earlandi*

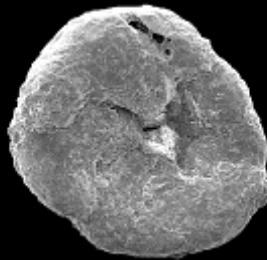


Foto 17-*Tiphotroca comprimata*



Foto 18-*Trochammina inflata*

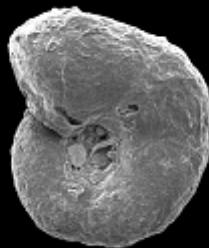


Foto 19-*Trochammina inflata*